Über den Einfluß von Luftfeuchte und Lufttemperatur auf Kreislauf- und Atmungsgrößen, sowie die Kapillarresistenz während eines langfristigen Aufenthaltes im Klimaraum

Götz Geyer

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546017_0015

Aus dem
Balneologischen und Klimatologischen Institut
der Universität München

Vorstand: Professor Dr. med. J. Lissner

Über den Einfluß von Luftfeuchte und Lufttemperatur auf Kreislauf- und Atmungsgrößen, sowie die Kapillarresistenz während eines langfristigen Aufenthaltes im Klimaraum.

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
verfaßt und einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt
von
Götz Geyer
aus Augsburg
1972

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter :	Dipl.-Phys. K. Dirnagl
	Prof. Dr.med. H. Drexel
Mitberichterstatter:	Prof. Dr.med. J. Lissner
Dekan:	Prof. Dr.med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 9.5.1972

UNIV. LEIDEN BIBL.

DISSERTATIONS – und FOTODRUCK FRANK oHG
8000 München 2 · Gabelsbergerstr. 15 · Tel.: 2 80 90 90

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. EINLEITUNG	1
B. LITERATUR	2
I. Der Problemkreis	2
II. Ergebnisse verschiedener Autoren über die Beeinflussung durch Raumtemperatur und Luftfeuchte	5
1. Kreislaufuntersuchungen	
2. Alveolarluft	
3. Vitalkapazität	
4. Kapillarresistenz	
5. Rhythmische Schwankungen biologischer und biotroper Größen	
III. Literatur zur Methodik	9
1. Der Bioklimaraum	
2. Blutdruckmessung	
3. Alveolarluftbestimmung	
4. Kapillarresistenz	
C. MATERIAL UND METHODIK	12
I. Bioklimaraum	12
1. Grundrißskizze	
2. Einrichtung	
3. Erklärung der Kurzbezeichnungen	
4. Bemerkungen zum Versuchsablauf und den Versuchspersonen	
II. Charakteristik des Raumklimas während der Versuchsperiode	16
III. Versuchsbeschreibung	21
1. Tagesprofil	
2. Ergometrie	
3. Alveolarluft	
4. Vitalkapazität	
5. Kapillarresistenz	

Seite

IV. Bearbeitung des Kurven- und Datenmaterials 26

V. Methodik der Auswertung 29

D. VERSUCHSERGEBNISSE 34

I. Tagesprofil 34

II. Ergometrie 45

III. Alveolarluft 54

IV. Vitalkapazität 59

V. Kapillarresistenz 62

E. DISKUSSION 66

I. Tagesprofil 66

II. Ergometrie 79

III. Alveolarluft 91

IV. Vitalkapazität 94

V. Kapillarresistenz 97

VI. Kritik der Methodik 98

ad. C. I (Bioklimaraum)

ad. C. II (Raumklima)

ad. C. III (Versuchsdurchführung)

ad. C. IV und V

F. ZUSAMMENFASSUNG 104

G. ANHANG: Kurvenmaterial zu sämtlichen Versuchsergebnissen 107

H. LITERATURVERZEICHNIS 118

A. EINLEITUNG

In jüngster Zeit sind Einblicke in den Zusammenhang zwischen Wetterablauf und das Befinden der Menschen vor allem mit Hilfe von Korrelationsbetrachtungen mit komplexen Wetterabläufen gewonnen worden (UNGEHEUER u.a.). Das "Wetter" setzt sich aber aus einfachen Elementen wie Luftdruck, Sauerstoffteildruck, Feuchte, Temperatur, Luftionisation, Strahlung verschiedener Wellenlänge u.a. zusammen. Wegen der innigen Verknüpfung zwischen diesen Teilfaktoren im natürlichen Wetterablauf verspricht es wenig Erfolg, sie dort isoliert zu betrachten und in Beziehung zu physiologischen Reaktionsgrößen des menschlichen Organismus zu setzen. Der Bioklimaraum des Balneologischen Instituts ermöglicht es jedoch, z.B. die Wetterelemente Feuchte und Temperatur unabhängig voneinander zu steuern und andere Wetterelemente weitgehend auszuschließen.

In der vorliegenden Arbeit soll die Beziehung der steuerbaren Klimafaktoren zu Kreislaufgrößen überprüft werden.

Drei gesunde 26-jährige männliche Versuchspersonen dienten sich drei Wochen lang gegenseitig als Probanden. Nach einem Tagesprogramm wurden mit einfachen Untersuchungsmethoden physiologische Meßgrößen gewonnen.

Im Rahmen der Untersuchungen habe ich auf Anregung von Herrn Dipl.-Phys. K. DIRNAGL die Bearbeitung folgender Meßgrößen übernommen:

1. Ruhepuls	Tagesprofil
2. Ruheblutdruck	Tagesprofil
3. Ruheatemfrequenz	Tagesprofil
4. Erholungsblutdruck nach Belastung	Ergometrie
5. Erholungspuls " "	Ergometrie
6. Alveolarluftbestimmung	
7. Vitalkapazität	
8. Kapillarresistenz	

B. LITERATUR

I. Der Problemkreis

Bereits 1929 hat DE RUDDER die allen Fragestellungen der Meteorobiologie übergeordnete Aufgabe mit einem wichtigen Satz klar umrissen: "Ganz allgemein handelt es sich darum, die Abhängigkeit eines komplexen Systems, des lebenden Organismus, von einem zweiten komplexen System, dem atmosphärischen Geschehen, zu studieren oder mit anderen Worten Korrelationen zwischen Vorgängen in zwei verschiedenen Systemen zu ermitteln." Daraus ergibt sich die Zweiteilung des Arbeitsgebietes in einen biologisch-medizinischen und einen meteorologisch-klimatischen Problemkreis. Die auf beiden Seiten gewonnenen Meßwerte von Einzelgrößen sind in mehr oder weniger guter Näherung als "Indikatoren" des Gesamtverhaltens beider Komplexe zu betrachten. Daher ist die kausale Deutung von Beziehungen beider Gebiete sehr schwierig. Hypothesen, welche die Existenz eines einzigen "biotropen" Wetterfaktors annehmen (z.B. CURRY's Aran-Theorie 1941), sind zwar im ersten Augenblick faszinierend, erscheinen aber schwach fundiert. Hingegen haben die Arbeiten der Medizinisch Meteorologischen Forschungsstellen des Deutschen Wetterdienstes mit der Aufdeckung zeitlicher Beziehungen zwischen komplexen Wettervorgängen und biologischen Erscheinungen zu zahlreichen gesicherten Ergebnissen geführt.

Die mit physiologischen bzw. klinischen Methoden an Gesunden erhobenen Befunde bestätigen die von HELLPACH hervorgehobene Auffassung, daß ein Reagieren des Menschen (und vielleicht aller Lebewesen) auf Wettervorgänge etwas völlig Normales sei, "einfach ein Stück Naturgebundenheit des Menschenwesens bedeute", und daß nur die abnorm gesteigerte Reagibilität bzw. eine Senkung der Empfindlichkeitsschwelle für solche physiologischen Vorgänge den Übergang zum Krankhaften bildet. Dabei spielt die Konstitution eine nicht unerhebliche Rolle in der Beziehung zum Wetter:

Wetterreagierend ist jeder Mensch (HELLPACH, REGLI, STÄMPFLI). Es ist sozusagen das physiologische Antworten auf atmosphärische Umweltreize.

Wetterempfindlich kann der Mensch im Laufe seines Lebens werden, bei dem durch irgendeine Krankheit oder ein Leiden eine irreparable Gewebsschädigung an einer Körperstelle bzw. einem Organ entsteht; diese Stelle neigt dann offenbar zu erhöhter Reizbeantwortung.

Wetterfühlig erweisen sich ganz besonders Menschen mit einer erhöhten Ansprechbarkeit, einer erniedrigten Reizschwelle ihres vegetativen Nervensystems, sog. "vegetativ Stigmatisierte", welche zu rascher Änderung ihrer Hautdurchblutung, zu Dermographismus, Schweißausbrüchen und mannigfachen subjektiven Störungen neigen.

Noch allgemeiner formuliert es BREZOWSKY:

"Die infolge der grundlegenden Änderung in der gesamten Struktur der Umweltbedingungen erfolgte Sensibilisierung des Bevölkerungsdurchschnitts führte zu einer Senkung der Reizschwelle des vegetativen Nervensystems in dem Sinn, daß heute in allen Altersklassen eine erhöhte Ansprechbarkeit besteht, welche es exogenen Reizen ermöglicht, früher und stärker als vordem einzuwirken. Der einem technischen Reglersystem (WAGNER) vergleichbare Regelmechanismus des Menschen, welcher exogene Störgrößen auszugleichen hat, reagiert heute früher und heftiger und ist in seiner augenblicklichen Struktur nicht in der Lage, die erhöhten Anpassungsforderungen ausreichend oder völlig zu erfüllen. Unter diese exogenen Störgrößen fallen u.a. die von den kurzfristigen Wetteränderungen ausgehenden Reize. Sie nehmen gegenüber anderen Umwelteinflüssen deshalb eine dominierende Stellung ein, weil sie infolge ihrer Häufigkeit sowie des fortgesetzten Wechsels von Richtung und Intensität andere Störeinflüsse bei weitem überwiegen." Geht man nun mit aller Vorsicht an die Beantwortung der Frage, welche "Störgrößen" in Form

meteorologischer Faktoren eine Wirkung auf den Organismus ausüben, muß man sich stets folgende Aussage DE RUDDER's vergegenwärtigen: "In der Bioklimatik gilt der Satz, daß selbst eine ausgesprochene Korrelation zwischen zwei Formen des Geschehens noch lange keine kausale Verknüpfung bedeutet."

Änderungen des Luftdruckes wurden zum Beispiel vielfach für die Wirkung des Wetters auf den Menschen verantwortlich gemacht, und man hat Zusammenhänge zwischen Luftdruck und biologischen Reaktionen untersucht; zunächst hat man vermutet, daß die Luftdruckschwankungen mechanische Wirkungen auf den Kreislauf ausüben würden, und zwar durch Kompression der der Luft zugänglichen Kapillarnetze der äußeren Körperoberfläche und des Respirationsorgans. Demgegenüber haben Versuche in Klimakammern gezeigt, daß Luftdruckänderungen allein vom Ausmaß der wetterbedingten Schwankungen keine wesentliche Beeinflussung des Menschen hervorrufen. Die wetterbedingten Luftdruckschwankungen entsprechen höchstens einem Höhenunterschied von 500 m, während erst bei Nennhöhen von 3.000 m in der Klimakammer Anzeichen der Gegenregulation meßbar werden, die zu Pulsbeschleunigung, Erhöhung des Minutenvolumens und Vergrößerung des Atemvolumens führen (JUNGMANN). STAEHELIN fand weder bei langsamer Luftverdünnung in pneumatischen Kammern noch bei rascher Veränderung des Luftdruckes bei einer Ballonfahrt irgendeine bemerkenswerte Schwankung des Blutdruckes. Untersuchungen von FRANKE, SPIRO, MOERIKOFER, BETZ u.a. zeigen, daß z.B. Schwankungen des Blutdruckes auf die Einwirkung komplexer Wettervorgänge zurückzuführen sind. Ein Beitrag von K. DIRNAGL aus dem Jahre 1953 kennzeichnet schließlich treffend, welchen meteorotropen Faktoren erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden muß und wo die Schwerpunkte der Untersuchungen im Bioklimaraum des Balneologischen Instituts liegen:

"Es ist seit langem üblich, mit mehr oder weniger guten Beweisgründen die landläufigen meteorologischen Elemente wie Temperatur und Feuchtigkeit als ziemlich belanglos für das Zustandekommen der wetterbedingten Befindensveränderungen zu bezeichnen.

Unser Material an physiologischen Einzeluntersuchungen zeigt demgegenüber zahlreiche Beziehungen zur Lufttemperatur und anderen einfachen Wetterelementen."

II. Ergebnisse verschiedener Autoren über die Beeinflussung des Organismus durch Lufttemperatur und Luftfeuchte bei Längsschnittuntersuchungen

Die Grundlagen der Kreislaufregulation wurden den Lehrbüchern von KEIDEL, LANDOIS-ROSEMANN, REICHEL-BLEICHERT, REIN-SCHNEIDER und WAGNER entnommen.

1. Kreislaufuntersuchungen im Zusammenhang mit Luftfeuchte und Lufttemperatur

Bei einem Experiment von TROMP halten sich an einem Vormittag Versuchspersonen in einem Raum mit 29°C und relativer Feuchte von 70 % und einen weiteren Vormittag in einem kälteren Raum mit 22-24°C und relativer Feuchte von 65-70 % auf. Im wärmeren Raum wird eine erhöhte Pulsfrequenz festgestellt. Der Blutdruck zeigt nach längerem Aufenthalt im kälteren Raum einen deutlichen Anstieg. Bei den Blutdruckmessungen von KRAUTSCHIK an neun gesunden Männern zwischen 20 und 30 Jahren scheint bei zunehmender Temperatur und steigendem Luftdruck der systolische Blutdruck abzunehmen.

TRAKS weist in einem Versuch einen signifikanten Blutdruckabfall bei Patienten in warmer Umgebung nach. Zehn Patienten mit normalem Herzen, sieben Patienten mit vergrößertem linken Ventrikel (kompensiert) und sieben Patienten mit vergrößertem linken Ventrikel (dekompensiert) setzte er zwei Stunden lang einer Umgebungstemperatur von 98°F (37°C) und einer relativen Feuchte von 40 % aus.

Ähnliche Versuche, die die Raumfeuchte in Beziehung zu Puls und Blutdruck setzen, sind nicht bekannt.

HENSEL betrachtet die Schwankungen der Atemfrequenz unter dem Gesichtspunkt der Homoiothermie. Infolge der hohen Verdampfungswärme des Wassers von 580 cal g^{-1} ist die Wasserverdunstung an der Oberfläche der Haut und Schleimhäute der Atemwege ("feuchte Wärmeabgabe") ein wirksames Mittel der Wärmeabgabe. Je mehr Wärme abgegeben werden soll, desto höher ist die Atemfrequenz.

Dieselbe Feststellung trifft DE RUDDER: "Da die Ausatmungsluft wasserdampfgesättigt ist, hängt die ausgeatmete Wassermenge vom Sättigungsdefizit der Einatmungsluft und von der Atemfrequenz ab. Je nach Temperatur und Sättigungsdefizit der Einatmungsluft läßt sich die in 24 Stunden durch die Lunge abgegebene Wassermenge beim ruhenden Erwachsenen auf 200 - 500 g berechnen."

Nach REINDERS soll auf dem Atemwege die "Körperentwärmung" bis maximal 25 % der Gesamtentwärmung betragen. Ist die Luftfeuchte der Aufenthaltszone groß, so wird die Atmung erschwert. Sie wird flach und hastig und leistet nur geringen Beitrag zur Wärmeabfuhr.

Bei stärkerer Belastung, bei hyperthermischem und feuchtem Milieu, ist nach WETTERER die Wasserabgabe zur Kühlung des Körpers erschwert. Die Hautgefäße, einschließlich der arteriovenösen Anastomosen, werden deshalb so stark dilatiert, daß das Herzminutenvolumen eine wesentliche Steigerung erfahren muß, damit der arterielle Druck aufrechterhalten werden kann. Nach KEIDEL wird durch Erweiterung der Hautgefäße und Schweißsekretion für eine ausreichende Abführung der im Körper gebildeten Wärme gesorgt. LEHMANN stellt fest, daß es allein durch Hitzebelastung ohne nennenswerte körperliche Arbeit zu einer Steigerung der Pulsfrequenz auf mehr als 150/min kommt. In Ruhe ist bei erhöhter Raumtemperatur eine verstärkte Herzaktion notwendig, um das Blut an die Peripherie zu bringen und dort Flüssigkeit an die Umgebung abzugeben.

2. Alveolarluftbestimmung

Die physiologischen Grundlagen wurden den oben erwähnten Lehrbüchern entnommen. Zusätzlich sei noch auf das Lehrbuch von ASSMANN verwiesen.

Bisher wurde nur die Raumtemperatur in Beziehung zu Stoffwechselgrößen gesetzt. TROMP schreibt: "LAVOISIER found that a resting man in a cold environment uses more O_2. At 26°C a person was absorbing 24 l O_2/h against 27 l O_2/h at 12°C causing a 12 % increase in heat production."

Nach NOPPER wirken Lufttemperaturen zum Teil über den Weg eines Hautreizes; unter der Wirkung von Wärme, die sich als Hautreiz durchzusetzen vermag, geht der Gaswechsel auf Werte herunter, die unter der Norm liegen.

3. Vitalkapazität

Wesentliche Grundlagen, die bei der Vitalkapazitätsbestimmung beachtet werden müssen, wurden neben den eingangs erwähnten Lehrbüchern dem Lehrbuch von COMROE entnommen.

Die Raumtemperatur wurde von DAXEL in Beziehung zur Vitalkapazität gebracht. Es wurden Tagesdurchschnittswerte von acht Versuchspersonen herangezogen; die Messung erfolgte täglich vor dem Mittagessen. Die Raumtemperatur zeigte größte Ähnlichkeit mit dem Kurvenverlauf der gemessenen Vitalkapazitätswerte.

4. Kapillarresistenz

KÜCHMEISTER definiert den Begriff der Kapillarresistenz folgendermaßen:

"Unter dem klinischen Begriff der Kapillarresistenz ist eine Widerstandskraft der Kapillarwand zu verstehen, mikroskopisch sichtbare korpuskuläre Elemente in der Blutstrombahn zu halten, gemessen an der Durchlässigkeit der Kapillarwand für Erythrozyten während eines bestimmten Unter- oder Überdrucks."

ROECKELEIN fand, daß folgende Faktoren bei der Resistenzbestimmung der Kapillaren eine Rolle spielen: Hauttemperatur, Lage des Körpers oder seiner Extremitäten, endokrine Einflüsse, Tageszeiten, Zustand des autonomen Nervensystems und physische Einwirkungen. In einem Artikel von KRAMAR heißt es: "ROBSON and RUTHIE in England found on the basis of clinical observations a direct relationship between capillary resistance and adrenocortical activity. They postulated that cortisone is responsible for this relationship."

REGLI und STÄMPFLI beschreiben die Kapillarresistenz als objektives Maß für die Wettereinflüsse auf den Menschen. Sie weisen nach, daß Warmfronten stark kapillarresistenzsenkend wirken (Tonuszunahme des Parasympathicus), Kaltfronten resistenzsteigernd wirken (Zunahme des Orthosympathicus).

5. Rhythmische Schwankungen biotroper und biologischer Größen

Unter normalen Bedingungen ist der Schlaf-Wach-Rhythmus mit Tagesschwankungen der gesamten vegetativen Funktionen verknüpft. Besonders ausgeprägt sind die Änderungen der Körpertemperatur ....., der Lungenventilation, ... mit einem Minimum zwischen 4.00 und 6.00 Uhr morgens und einem Maximum am Spätnachmittag (REICHEL-BLEICHERT). Für den Blutdruck gilt eine ähnliche Aussage. KÜCHMEISTER und SCHÄRFE, DÖRING und RIEKE fanden bei Gesunden eine Tagesrhythmik in der Kapillarresistenz: Höchste Werte gegen 4.00 Uhr morgens.

Zum Tagesgang eines biotropen Elementes, z.B. der Raumtemperatur, schreibt TOPITZ, daß der menschliche Organismus an das Bestehen eines klimatischen Temperaturreizrhythmus so gewöhnt sei, daß dieser nicht als auffällig empfunden wird. Hingegen sei eine unnatürliche Wärme am Morgen ebenso unangenehm wie der Einbruch von Kaltluft am Nachmittag: "Dieser Temperatur-Reaktions-Rhythmus ist daher zu einem festen Teil des 24-Stunden-Rhythmus geworden."

ASCHOFF fand, daß unter konstanten Umweltbedingungen die Tagesschwankungen erhalten bleiben, mit mehr oder weniger großen Abweichungen vom 24-Stunden-Rhythmus. Dass diese Abweichungen jeden Betrag entnehmen können (innerhalb eines Bereiches von ungefähr ± 10 % der 24-stündigen Periode), beweist, daß die Schwankungen endogen bedingt sind (self-sustained capacity). Nach ASCHOFF beeinflussen "Zeitgeber" u.a. Licht-Dunkel-Wechsel, aber auch meteorologische Größen, den Tagesrhythmus biologischer Abläufe. Bei Tieren ist es ASCHOFF gelungen, durch Umkehrung der Zeitgeber eine Inversion der biologischen Rhythmen hervorzurufen. Der Mensch reagiert gegenüber physikalisch-chemischen Umweltkräften nicht grundsätzlich anders als das Tier. Allerdings ist beim Menschen eine Umkehr der Zeitgeber schwierig, da z.B. bereits die Kenntnis der wahren Tageszeit genügt, um die Inversion zu erschweren.

Abschließend sei DE RUDDER zitiert : "Der Mensch besitzt in seinen Lebensvorgängen einen möglicherweise phylogenetisch erworbenen Rhythmus von annähernd 24 Stunden; äußere Faktoren des irdischen Tageslaufs regulieren den inneren Rhythmus auf genau 24 Stunden ein und wirken außerdem phasengleichrichtend, d.h. sie haben die Tendenz, den inneren Rhythmus in eine phasenkonstante Beziehung zum irdischen Tageslauf zu schieben ..... Dabei läuft der Tagesrhythmus bei verschiedenen Menschen keineswegs synchron ab. Die Maxima eines studierten Vorgangs können bei verschiedenen Menschen Phasenverschiebungen um 6-8 Stunden aufweisen."

III. Literatur zur Methodik

1. Der Bioklimaraum

a) Technische Daten über Strahlungswände,
Beleuchtung, Luftumwälzung, Kühlsystem usw.:
Fa. Luft- und Klimatechnik

b) Der Behaglichkeitsbereich

Nach REINDERS besteht körperliches Wohlbehagen, wenn bei leichter, luftiger Bekleidung die jeweilige Wärmebilanz zwischen Körper und Umgebung ausgeglichen ist. Unter einer Raumtemperatur von 18°C macht der die Wärmeerzeugung übersteigende Wärmeverlust an die Umgebung sich durch deutliches Frieren bemerkbar ("Friergrenze"). Bei 28°C liegt die Schwitzgrenze, die durch die hier beginnende feuchte Wärmeregulierung (Schweißverdampfen) anzeigt, daß die Wärmeproduktion größer ist als der Wärmeverlust, der durch trockene Erwärmung bewältigt werden kann. Innerhalb dieser angegebenen Grenzwerte muß also auch die Temperatur liegen, die zu einem Behaglichkeitsempfinden erforderlich ist. Der Temperaturwert liegt etwas unterhalb der eben aufgezeigten "Gleichgewichtsgrenze" und ist für mitteleuropäische Verhältnisse mit etwa + 18 bis + 27°C ermittelt.

Für raumklimatische Fragen wurde im Experiment ein Summenmaß entwickelt, welches das von einem Normalmenschen empfundene Wärmegefühl in einem Raum in Beziehung setzt zur herrschenden Lufttemperatur, -feuchtigkeit und -bewegung dieses Raums. Dieses Maß ist die "effektive Temperatur". Zwei Räume sollen gleiche effektive Temperatur haben, wenn ein Mensch den Übergang von einem zum anderen Raum nicht als Wechsel seines Wärmegefühls spürt. Für unbewegte und wasserdampfgesättigte Luft wird die effektive Temperatur gleich der gewöhnlichen Lufttemperatur gesetzt. Ist die Raumluft bewegt oder ist sie vom Sättigungsgrad entfernt, so muß zum Ausgleich der daraus resultierenden Kühlwirkung die Lufttemperatur erhöht werden, um die gleiche effektive Temperatur zu erhalten (WEICKMANN, UNGEHEUER).

2. Blutdruckmessung in Ruhe

Dabei sind die Meßwerte nach KRAUSE und KLEPZIG bei der indirekten Methode (RIVA-ROCCI) abhängig von der Lage des Armes:

- Abstand der Herzhöhe zu Armmeßpunkt im Sinne eines spiegelbildlichen Verhaltens,
- die RR-Werte sind bei Messungen am abduzierten Arm variabel,
- vertikale Verlagerung der Meßstellen am Arm um 10 cm bewirkt ungefähr eine Änderung des RR-Wertes um 10 mmHg.

Deswegen sollte bei der indirekten Messung am liegenden Patienten der Arm in Adduktionsstellung, leicht im Ellbogengelenk gebeugt und in Höhe der Aortenklappen gelagert sein. Die Messungen sollen am entspannt liegenden Patienten vorgenommen werden. Nach STURM ändert sich der systolische Blutdruck beim Aufrichten aus der Horizontalen nicht, während der diastolische Blutdruck um etwa 10 % des Ausgangswertes ansteigt und die Pulsfrequenz sich um 10 Schläge pro Minute steigert.

3. Man kann nach dem Vorgehen von HALDANE und PRIESTLEY die Zusammensetzung der Alveolarluft annähernd direkt gasanalytisch bestimmen, indem man in eine etwa 1 m lange, 3 cm weite Röhre tief ausatmen läßt und sofort nach Atemstillstand die am weitesten mundwärts in der Röhre befindliche Luft entnimmt und analysiert (25).

Anstelle der gasanalytischen Bestimmung kann eine kontinuierliche Aufzeichnung der CO_2 und O_2-Konzentration des Gasgemisches mit Hilfe des Hartmann und Braun-Grundumsatzgerätes treten (19).

4. Die Kapillarresistenz kann mit der Stauungsmethode nach RUMPEL-LEEDE, der Druckmethode nach ROECKELEIN und nach der Saugmethode nach KÜCHMEISTER-SCHÄRFE bestimmt werden. Bei der Befunderhebung müssen nach MERLEN einige Gesichtspunkte beachtet werden: die Petechien, die am Rand der Saugglocke auftreten, beruhen auf mechanischen Reibungseffekten, die zu untersuchende Hautoberfläche muß eingefettet sein, sonst erhält man zu hohe Kapillarresistenzwerte.

C. MATERIAL UND METHODIK

I. Bioklimaraum

1. Grundrißskizze

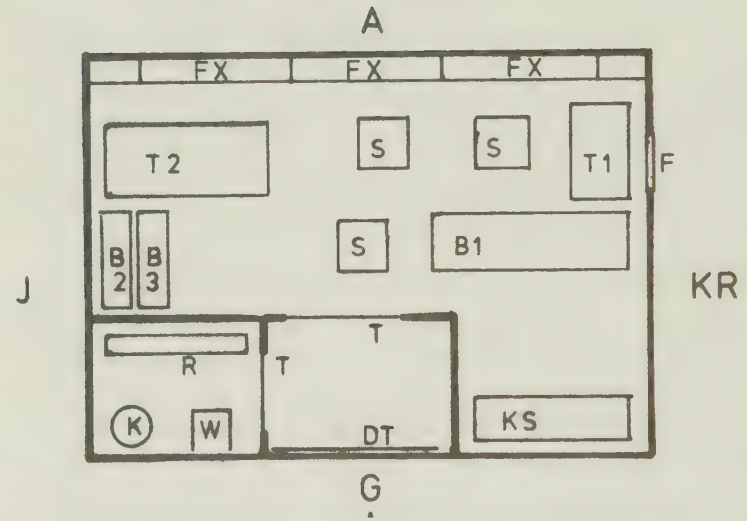


Abb. 1
(nicht maßstabgetreu)

A	=	Außenwand, bestehend aus mehreren Schichten zur Wärme- und Feuchteisolation sowie zur Abschirmung elektrischer Felder
$B_{1/2/3}$	=	Klappbetten
DT	=	Doppeltür
F	=	Fenster zum Kontrollraum
FX	=	Fenster mit künstlicher Beleuchtung (Xenonlampen)
G	=	Gang
I	=	Institutraum
K	=	Klosettschüssel
KR	=	Kontrollraum
KS	=	Kleiderschrank
R	=	Regal (Reagenzgläser, Waschzeug)
S	=	Stühle
T	=	Tür
$T_{1/2}$	=	Tische

2. Einrichtung des Versuchsraumes

Den drei Versuchspersonen war es überlassen, den Bioklimaraum wohnlich einzurichten. Die Temperaturstrahlerwände aus Metall wurden mit gelbem und blauem Rupfen verkleidet, an die drei blinden Fenster wurden weinrote Vorhänge angebracht und der Boden mit einem grauen Sisalteppich ausgelegt. Da der Versuchsraum nur eine Wohnfläche von 16 qm besitzt, wurden zwei Campingtische und drei -stühle, ein Plastikschrank und drei Klappbetten als Inventar gewählt.

Die Meßgeräte wurden, sofern möglich, im nebenanliegenden Kontrollraum aufgestellt, so daß nur das Fahrradergometer und ein Tisch (T1) mit verschiedenen Versuchsaufbauten optisch an die Versuche erinnerte. Die Wohnatmosphäre wurde betont durch Radioapparat und Fernsehgerät.

Insgesamt sollte durch die Einrichtung des Versuchsraumes während der Versuchsperiode eine den Umständen entsprechende Wohnlichkeit geschaffen werden.

3. Erklärung der Kurzbezeichnung für die Meßgrößen

Die Meßzeiten sind bei der jeweiligen Versuchsbeschreibung angegeben.

TPR = Tagesprofil, d.h. 7 Messungen in zweistündigem Abstand
TPL = Pulsfrequenz
TPA = Atemfrequenz
TPS = Systolischer Blutdruck
TPD = Diastolischer Blutdruck

ERG = Ergometrie
in Kapitel IV Ziff. 2 findet sich die zeitliche Zuordnung folgender Größen, die zum Teil errechnet sind (Abb. 5)
ERS = Ergometrie: systolischer Blutdruck

ES1 = systolischer Blutdruck vor Belastung = Ruhewert
ES2 = Mittelwert aus der Differenz zwischen Erholungswert 1 - 3 und 3 x Ruhewert
ES3 = Mittelwert aus der Differenz zwischen Erholungswert 4 - 7 und 4 x Ruhewert

ERD = Ergometrie: diastolischer Blutdruck
ED1 = diastolischer Blutdruck vor Belastung
ED2 = Mittelwert aus der Differenz zwischen Erholungswert 1 - 4 und 4 x Ruhewert

ERP = Ergometrie: Pulsfrequenz
EP1 = Puls vor Belastung = Ruhepuls
EP2 = Mittelwert aus der Differenz zwischen Erholungswert 1 - 4 und 4 x Ruhewert
EP3 = Mittelwert aus der Differenz zwischen Erholungswert 6 - 12 und 7 x Ruhewert
EPS = Pulssumme (Summe aller Differenzen zum Ausgangswert)

ALV = Alveolarluft
ALO = Alveolares O_2-Defizit (Vol%)
ALC = Alveolare CO_2-Konzentration (Vol%)
ALL = Atemvolumen/min. (AMV)
VIK = Vitalkapazität (Liter)
KPR = Kapillarresistenz (Anzahl der Petechien)

4. Bemerkungen zum Versuchsablauf

Vom 26.7.1969 an hielten sich die drei Versuchspersonen Tag und Nacht im Bioklimaraum auf. Bis zum eigentlichen Versuchsbeginn am 2.8.1969 verließen sie den Raum nur noch zum Essen und zum Duschen. Die Mahlzeiten stellten die Versuchspersonen selbst zusammen. Auf Rauchen und Alkohol verzichteten sie. In dieser Zeit wurde bereits ein bestimmtes Wetter "gefahren", das den Versuchspersonen bekannt war, da in einem "Meßkäfig", der von der Decke herunterhing, Raumtemperatur und Raumfeuchte abzulesen waren. In dieser Adaptionsperiode wurden die Versuche auf routinemäßige

Durchführbarkeit überprüft. Dies erwies sich als nützlich, da der Tagesplan noch einige Male umgestellt werden mußte, um die gegenseitige Beeinflußung einzelner Versuche möglichst auszuschalten; an den Meßgeräten mußten einige technische Mängel beseitigt werden.

Bei der Durchführung der Untersuchungen achteten die Versuchspersonen auf eine bestimmte Reihenfolge (VP3 : VP1, VP1 : VP2; VP2 : VP3). Wenn von den Untersuchern unbewußt immer wieder Fehler gemacht wurden, so gingen diese mit in die Resultate ein.

Vom 2.8.1969 an wurden die Klausurbedingungen perfekt. Das "Klima" sollte den Versuchspersonen nicht mehr bekannt sein. Der Tagesplan konnte mit geringen zeitlichen Verschiebungen eingehalten werden, obwohl noch technische Schwierigkeiten bei verschiedenen Geräten auftraten, z.B. Atemfrequenzmessung, Reaktionszeitmessung. Im Laufe der Versuchsperiode konnten diese Schwierigkeiten überwunden werden.

Ein zeitweiliges Versagen der Klimaregelung konnte den Versuchspersonen nicht verborgen bleiben; zum Beispiel konnte man am 11.8.1969 qualitativ Schwankungen in den klimatischen Bedingungen feststellen, die subjektiv als zu kalt oder zu warm empfunden wurden.

Im ersten Teil der Klausur standen die technischen Schwierigkeiten im Vordergrund, die gemeinsam aus dem Weg geräumt werden konnten. Gegen Ende der Versuchsperiode häufte sich oft psychischer Konfliktstoff an, der allerdings erfolgreich beseitigt werden konnte. Zwei- bis dreimal in der Woche kam mittags Dr. Meyendorff von der Universitäts-Nervenklinik. Ihm berichteten die Versuchspersonen über ihre Träume, zugleich konnte man bei dem Psychiater Kümmernisse und Sorgen auf einfache Art loswerden.

Am Montag, dem 19.8.1969, um 13.00 Uhr wurde das künstliche Klima abgestellt. Die Probanden durften den Versuchsraum verlassen, führten die Versuche aber noch bis zum 20.8.1969 abends weiter.

Anmerkung:

Somatische Charakteristik der Versuchspersonen im Hinblick auf die Kreislaufgrößen

VP1 : Größe: 180 cm, Gewicht: 75 kg,
muskulös, wenig ausdauernd, typischer Kurzstreckensportler

VP2 : Größe: 176 cm, Gewicht: 64 kg,
Indifferenztyp, wenig körperlich trainiert

VP3 : Größe: 175 cm, Gewicht: 72 kg,
untersetzt, muskulös, ausdauernd, durchtrainiert

II. Charakteristik des Raumklimas während der Versuchsperiode

a) Möglichkeiten des Bioklimaraums

Der Bioklimaraum ist nach außen derart abgeschirmt, daß elektromagnetische Wellen ab einer Frequenz von ca. 50 khz nicht ins Innere dringen können. Die Luftbewegung, die Raumtemperatur und die Raumfeuchte können unabhängig voneinander reguliert werden.

b) Das Raumklima während der Adaptionsperiode und der Versuchsperiode (s. Abb. 2).

Im vorliegenden Versuch soll die Betrachtung der Raumtemperatur und der Raumfeuchte im Vordergrund stehen. Die Temperatur wird in ^{o}C angegeben, die Raumfeuchte in Torr Wasserdampfdruck. Die Raumtemperatur soll einen charakteristischen Tagesgang aufweisen. Die Temperaturen sollen in der Frühe niedrig sein und am Nachmittag ihren Höchststand erreichen.

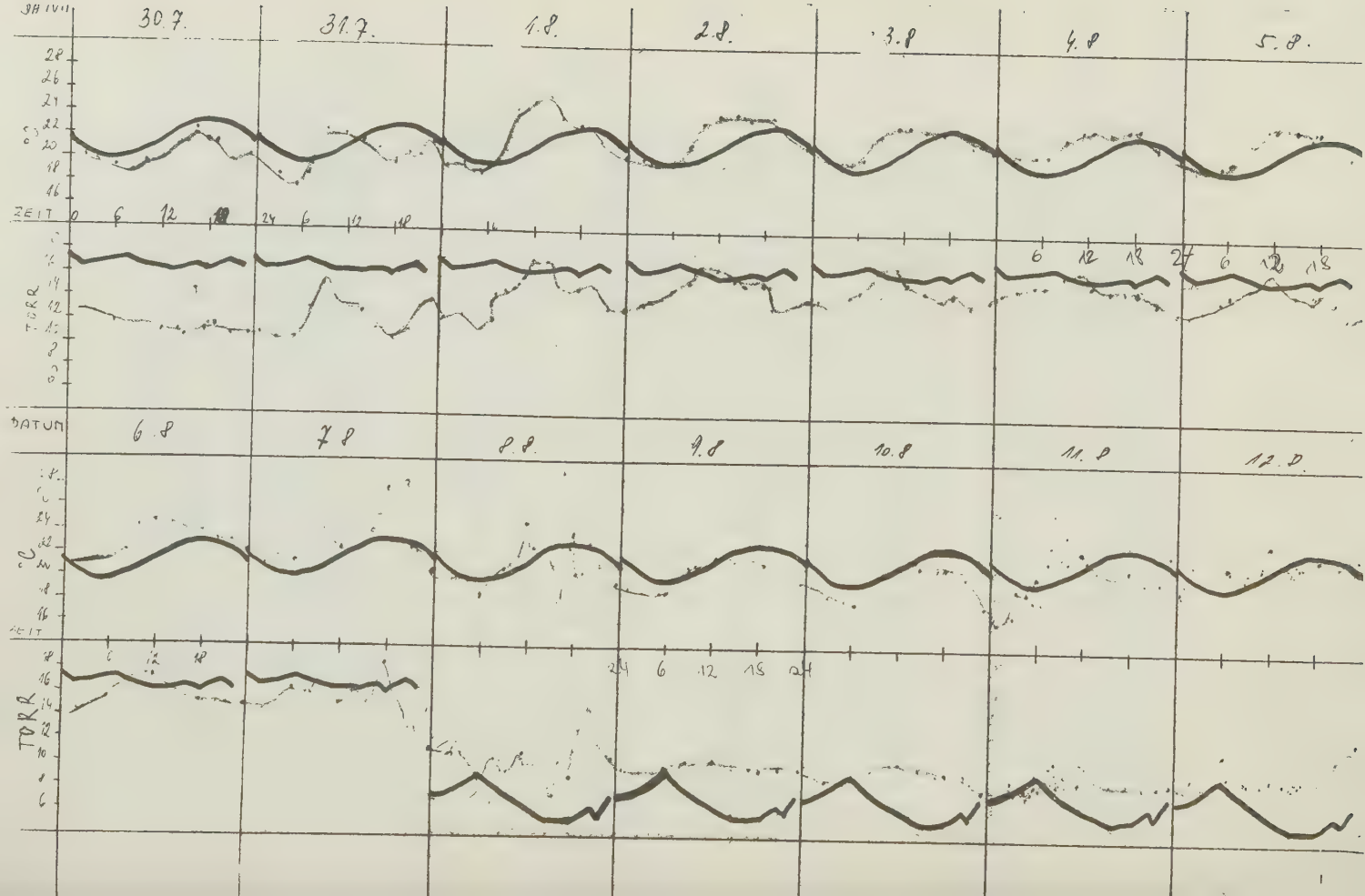
Dies ist erkennbar an den dick ausgezogenen Linien in der Temperaturverlaufskurve. Der Soll-Wertverlauf unterscheidet sich oft beträchtlich vom Ist-Wertverlauf. Vom 2.8. bis 7.8. liegt das

Temperaturmaximum gegen 12.00 Uhr. Vom 8.8. bis 11.8. liegen die Maxima eher beim Sollwert; insgesamt erscheint die Temperatur zu niedrig. Vom 11.8. bis 16.8. zeigt die Temperatur-Ist-Wertkurve einen nahezu idealen Verlauf. Vom 16.8. an ist der Verlauf uneinheitlich. Vom 19.8. an steigt die Temperatur stark an. Dieser Termin fällt mit dem Abschalten der Klimaanlage zusammen.

Der Tagesgang der Ist-Raumfeuchte weicht stark vom Tagesgang der Soll-Raumfeuchte ab. Vom 31.7. bis 11.8. scheint das wirkliche Maximum der Raumfeuchte dort zu liegen, wo das Minimum der Soll-Raumfeuchte liegt. Die Tagesschwankungen liegen grössenordnungsmäßig über den Sollwerten. Am 8.8. ist der erste "Feuchtesprung", d.h. die Raumfeuchte sinkt von etwa 16 Torr auf etwa 7 Torr. Die Tagesschwankungen der Ist-Werte sind nun geringer als die Sollwerte, wobei die Ist-Werte höher liegen als die Sollwerte. Vom 13.8. bis zum 16.8. steigt die Raumfeuchte wieder; der Ist-Wert liegt unter dem Sollwert. Am 16.8. sinkt die Raumfeuchte wieder, zeigt allerdings ein starkes Abweichen vom Sollwert. Vom 19.8. an ist die Raumfeuchte nicht mehr kontrollierbar.

Der Vergleich der Raumfeuchte- und Raumtemperatur-Ist-Wertkurve zeigt, daß beide Größen nicht isoliert voneinander reguliert worden sind. Bei Raumfeuchteabfall über eine große Periode sinkt die Raumtemperatur leicht mit ab, so daß beide Ist-Wertkurven einen ähnlichen Verlauf aufweisen.

Insgesamt weisen Raumfeuchte und Raumtemperatur während der Versuchsperiode eine Abnahme auf. Dies ist aus Mittelwertskurven (s. Abb. 3) bei ersterer leicht zu ersehen, während dies bei letzterer nicht gleich ersichtlich ist. Berechnungen mit Hilfe der Varianzanalyse (s. V. Ziff. 4) ergeben für die Raumfeuchte eine Abnahme von 0,3 Torr pro Tag, für die Raumtemperatur von 0,02°C pro Tag.


DATUM
30.7.
31.7.
1.8.
2.8.
3.8
4.8
5.8.
°C
ZEIT
TORR
DATUM
6.8
7.8
8.8.
9.8
10.8
11.8
12.8.
°C
ZEIT
TORR

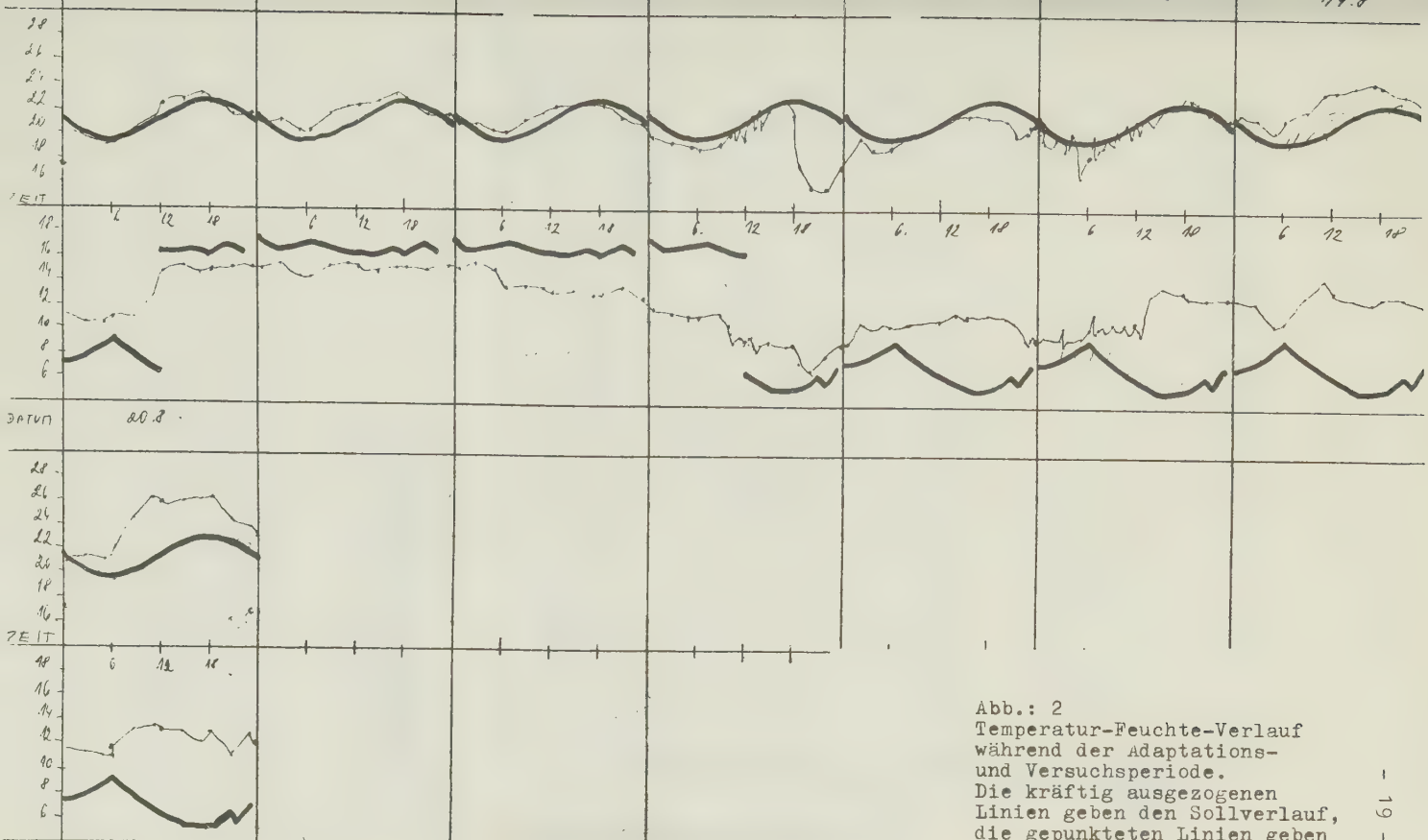


Abb.: 2
Temperatur-Feuchte-Verlauf
während der Adaptations-
und Versuchsperiode.
Die kräftig ausgezogenen
Linien geben den Sollverlauf,
die gepunkteten Linien geben
den tatsächlichen Verlauf an.

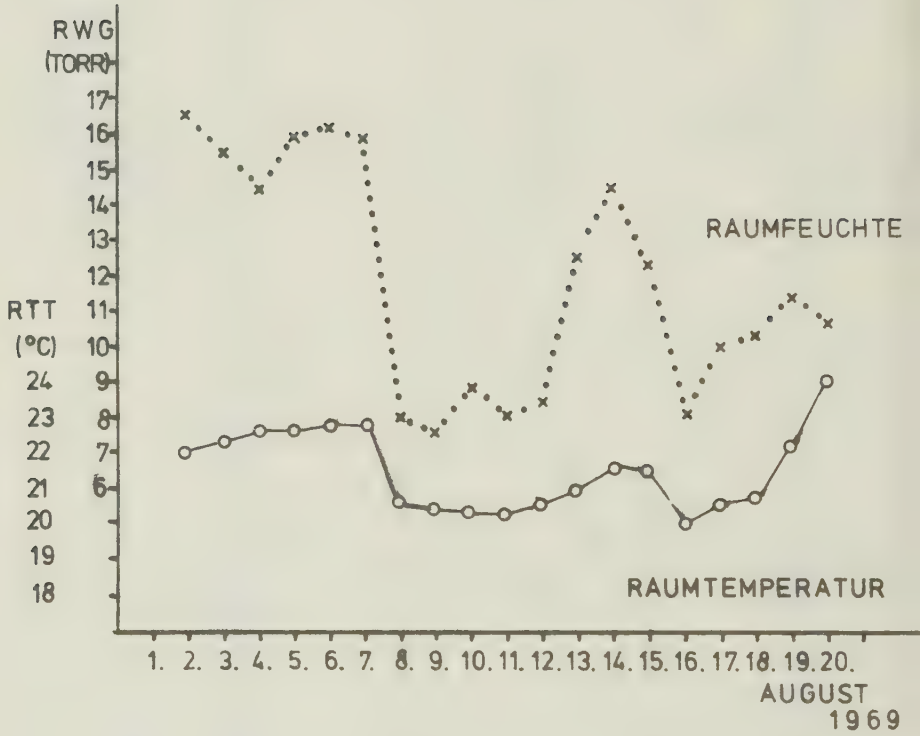


Abb. 3

Periodengang der Raumfeuchte und der Raumtemperatur während der Versuchsperiode im Bioklimaraum

III. Methodik der Materialgewinnung (Versuchsbeschreibung)

1. Tagesprofil

a) Puls: Meßzeiten: 7/9/11/13/15/17/19 Uhr

Es werden die Pulsschläge pro Minute ausgezählt (20 Sekunden x 3).

b) Blutdruck: Meßzeiten wie a)

Der Blutdruck wird mit dem Quecksilbermanometer nach RIVA-ROCCI am rechten Oberarm des entspannt liegenden Probanden gemessen.

c) Atemfrequenz: Meßzeiten: 9/11/13/15/17/19 Uhr

In künstlichen Nasen (ähnlich den Faschingsnasen) sind Thermistoren derart eingelassen, daß die Ein- und Ausatmungsluft ungehindert daran vorbeistreichen kann. Thermistoren sind Widerstände, die durch Temperaturwirkung (Schwankungen in der Ein- und Ausatmungsluft) ihre elektrische Leitfähigkeit ändern. Die Thermistoren sind an einen Trägerfrequenz-Verstärker angeschlossen, der Temperaturdifferenzen von etwa $\pm$ 2°C für Vollausschlag anzeigt. Der Zeiger durchläuft pro Atemzug zweimal den Nullpunkt der Skala. Über ein Relais wird jedesmal bei Nullpunktdurchgang ein Impuls an einen Harvard Cumulative-Recorder abgegeben.

Der Papiervorschub des Schreibers ist konstant (Abszisse). In Ordinatenrichtung werden pro Atemzug zwei Striche mit einer Tuschfeder gezogen. Die Größe des Winkels zwischen Treppenkurve und Abszisse ist ein Maß für die Atemfrequenz.

2. Ergometrie

a) Zur Ergometrie wird ein Fahrradergometer der Fa. MONARK verwendet. Der Versuch wurde zweimal am Tag, um 11.00 Uhr und um 19.00 Uhr, durchgeführt. Die Leistung liegt bei 3kp x 100 Umdrehungen pro Minute eine Minute lang. Das entspricht einer

Leistung von 300 Watt. Die Versuchsperson sitzt entspannt auf dem Ergometer, während die Ruhewerte einmal gemessen werden. Die Versuchsperson tritt ohne Belastung an. Zur Zeit t=0" wird die Spannschraube für den Bremsriemen zugedreht bis die oben angegebene Leistung resultiert.

b) Der Blutdruck wird mit einem Blutdruckmanometer nach RIVA-ROCCI gemessen. Die Manschette wird am rechten Oberarm angelegt.

c) Zur Pulsfrequenzmessung dient ein optisch und akustisch arbeitendes Frequenzanzeigegerät der Fa. ERBE.

Die Elektrode 1 wird über dem 5. Intercostalraum befestigt, die Elektrode 2 im Sulcus bicipitalis medialis links. Das zum Anzeigegerät führende Kabel wird am Rücken der Versuchsperson befestigt, da Zug am Kabel die Frequenzangabe verfälscht. Die akustischen Signale werden zur Frequenzzählung (20 Sekunden x 3) verwendet, die optische Anzeige dient der Bestätigung der ausgezählten Frequenz.

d) Meßpunkte und Zählbereiche vor, während und nach der Belastung:

Puls:			Blutdruck:	
t=0"			t=0"	
t=60"	optisch		t=60"	gemessen zwischen 50-70"
t=90"	akustisch	(70"-90")	t=90"	gemessen zwischen 80-110"
t=120"	akustisch	(100"-120")		usw.
t=2'30"	akustisch	usw.	t=2'30"	
t=3'	akustisch			
t=3'30"	akustisch		t=3'30"	
t=4'	akustisch			
t=4'30"	akustisch		t=4'30"	
t=5'	akustisch			
t=5'30	akustisch		t=5'30"	
t=6'	akustisch			
t=6'30"	akustisch		t=6'30"	

Zur Zeit t=0" wurden die Ruhewerte gemessen, zwischen t=0" und t=60" erfolgte die Belastung, alle übrigen Werte sind Erholungswerte.

3. Alveolarluft

Der Versuch wird einmal pro Tag um 17.00 Uhr mit einem Hartmann & Braun Grundumsatzgerät durchgeführt.

Bedienungsanleitung: (19) Gemessen wurde 10 Minuten lang. Der Versuch wird analog der Ruheumsatzbestimmung durchgeführt. Bei der R.U.B. wird die O_2- und CO_2-Konzentration der gesamten Ausatmungsluft bestimmt (Totraum + Alveolarluft). Der Analysator gibt die Konzentrationsdifferenz aus O_2-Luft und O_2-Ausatmungsluft einerseits und CO_2-Luft und CO_2-Ausatmungsluft andererseits an.

Prinzip: Zur Alveolarluftbestimmung wird endexspiratorische Ausatmungsluft mit Hilfe eines Rahn'schen Beutels abgesaugt.

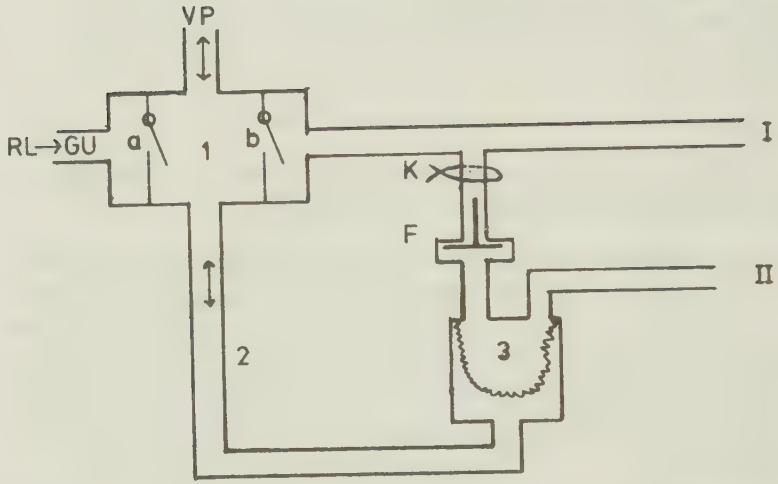


Abb. 4
Erklärung s. Text

RL = Raumluft
GU = Gasuhr
VP = Versuchsperson
1 = Mundstück mit Flatterventilen
2 = Zuführungsschlauch zur Glasglocke mit Rahn'schem Beutel
3 = Rahn'scher Beutel
K = Klemme
F = Flatterventil
I = Ruheumsatz
II = Alveolarluft

a) Bei der Ruheumsatzbestimmung ist die Klemme (K) zu; dadurch ist das System II ausgeschaltet.

b) Bei der Alveolarluftbestimmung wird Raumluft angesaugt, die in 1 gemessen wird. Ventil a ist offen, b geschlossen, in Leitung 2 entsteht ein Unterdruck, der Beutel (3) entfaltet sich.

Bei der Ausatmung ist a geschlossen, b geöffnet, in Leitung 2 entsteht ein Überdruck, der Beutel sinkt zusammen bzw. das da-

rin befindliche Gas wird ausgepreßt. Es kann nur in Richtung II entweichen, da ein Flatterventil (F) dafür sorgt, daß das Gas nicht nach I strömt. Bei geschlossener Klemme (K) strömt die gesamte Ausatmungsluft nach I. Bei geöffneter Klemme wird die letzte Portion der Ausatmungsluft (Alveolarluft) während der Einatmungsphase abgesaugt. In der Ausatmungsphase wird die Alveolarluft aus dem Beutel in Richtung Analysator gepreßt.

Leitung I und II sind durch einen 2-Wegehahn miteinander gekoppelt:

Bei der Ruheumsatzbestimmung ist Leitung II blockiert und I mit dem Analysator verbunden. Bei der Alveolarluftbestimmung ist Leitung I mit dem Raum verbunden und Leitung II mit dem Analysator.

4. Vitalkapazität

Es wurde ein Glockenspirometer mit Wasserabschluß vom Typ phoebus der Fa. AESCULAP verwendet.

Der Versuch wurde zweimal pro Tag, um 7.00 Uhr vor dem Frühstück und um 17.00 Uhr vor dem Abendessen durchgeführt.

5. Kapillarresistenz

Der Versuch ist zweimal pro Tag, um 9.00 Uhr und um 15.00 Uhr durchgeführt worden. Ein Saugnapf mit einem Durchmesser von 1,5 cm ist über ein Unterdruckmanometer mit einem Gummiball verbunden, der einen Unterdruck von mindestens 4000 mm Wassersäule erzeugen muß, wenn man ihn nach dem Zusammendrücken losläßt.

Der Saugnapf wird in der regio interscapularis angesetzt und drei Minuten lang ein Unterdruck von exakt 4000 mm Wasser hergestellt. Anschliessend wird mit Hilfe eines plankonvexen Vergrösserungsglases (Vergrößerung 2:1) durch Druck die lokale Hyperämie beseitigt und die Petechienzahl bestimmt. Wir haben uns bemüht,

den Saugnapf nicht immer an derselben Körperstelle anzusetzen, da bei zweimaliger Messung pro Tag bereits lädierte Körperstellen einen nicht abzusehenden Einfluß auf das Meßergebnis haben können. Beim vorliegenden Versuch erscheint es von besonderer Wichtigkeit, daß Untersucher und VP jeweils dieselben sind. Es hängt hier zu sehr vom Ermessen des Untersuchers ab, ob er einen Petechienbefund für positiv oder negativ hält.

IV. Bearbeitung des Kurven- und Datenmaterials

1. Tagesprofil

Beim a) Puls und b) Blutdruck werden die gemessenen Ergebnisse direkt verwertet, während bei der c) Atemfrequenz Registrierungen zugrundeliegen. Wie im vorhergehenden Abschnitt angedeutet, hat der Cumulative-Recorder einen konstanten Vorschub in Abszissenrichtung; in Ordinatenrichtung wird pro Atemzug die Feder zweimal eine konstante Strecke vorgeschoben. Der Steigungswinkel der entstehenden Treppenkurve ist ein Maß für die Atemfrequenz. Da man weiß, daß der Vorschub des Schreibers 1,25 cm pro Minute beträgt und 1 Atemzug 1 mm in Ordinatenrichtung bedeutet, kann man sich auf Transparentpapier im geeigneten Maßstab ein Diagramm zeichnen, mit dessen Hilfe man die Anzahl der Atemzüge pro Minute ablesen kann, wenn man es über die Kurven legt.

2. Ergometrie

In der Ergometrie liegt ein derart großes Zahlenmaterial vor, daß man geeignete reduzierte Meßgrößen nach folgenden Formeln gewonnen hat:

ERS = Ergometrie: Systolischer Druck

ES1 = ERS (1) = Ruhewert systolischer Druck

$ES2 = \frac{1}{3} \left(\sum_{i=2,3,5} ERS(i) - 3\,ERS(1) \right)$ siehe Erholungsblutdruckkurve

$ES3 = \frac{1}{4} \left(\sum_{i=7,9,11,13} ERS(i) - 4\,ERS(1) \right)$ siehe Erholungsblutdruckkurve

ERD = Ergometrie: Diastolischer Druck

ED1 = Formel analog ES1

ED2 = " " ES2

ED3 = " " ES3

EPL = Ergometrie: Puls

EP1 = Formel analog ES1

EP2 = " " ES2

EP3 = " " ES3

EPS = Pulssumme (Summe aller Differenzen zum Ausgangswert) =

$\left(\sum_{i=2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13} EPL(i) - 12\,EPL(1) \right)$

Man faßt die Meßgrößen bestimmter Zeitabschnitte (i) zahlenmässig zusammen und zieht davon den Ruhe- bzw. Ausgangswert so oft ab, wie es der Zahl der Meßgrößen entspricht. Die Summe dividiert man durch die Zahl der zusammengefaßten Meßgrößen:

Der errechnete Wert gibt die mittlere Differenz der zusammengefaßten Belastungs- oder Erholungswerte gegenüber dem Ruhewert an.

Die folgende Abbildung soll veranschaulichen, welche Meßgrößen zusammengefaßt werden. Zugleich soll der mittlere Verlauf der Erholungswerte der drei Probanden in der Ergometrie dargestellt werden.

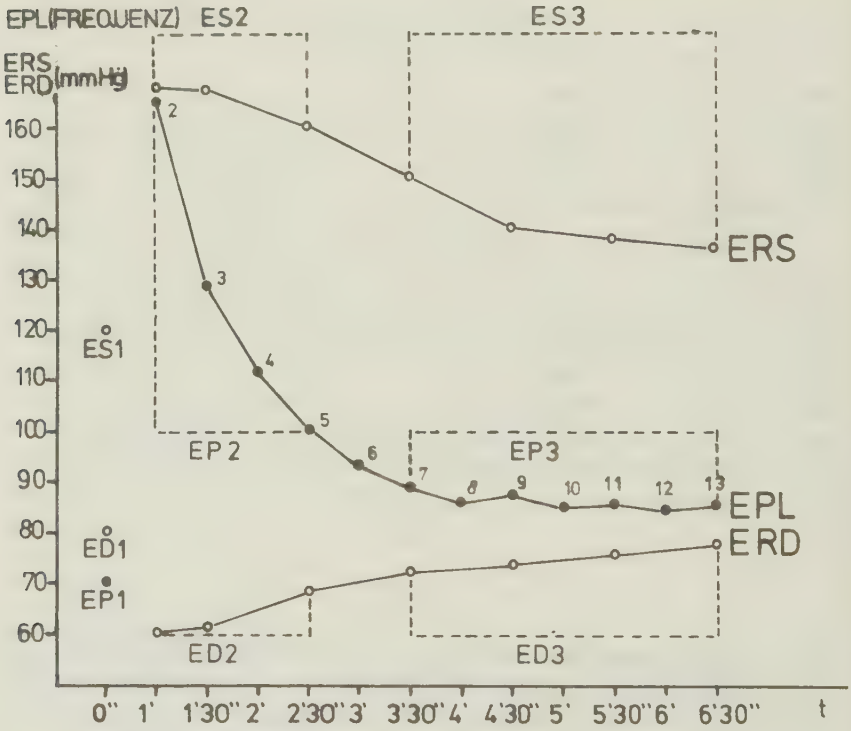


Abb. 5

Mittlerer Verlauf der Erholungswerte der drei Probanden in der Ergometrie.

Die Kurve zeigt, welche Meßgrößen bei der Berechnung von ES 1,2,3 und ED 1,2,3 und EP 1,2,3,S zusammengefaßt sind.

3. Alveolarluft

Die Messung wurde 10 Minuten lang durchgeführt.: Da das O_2- und CO_2-Defizit sich erst nach einiger Zeit auf dem Ablesegerät auf einen relativ konstanten Wert einstellt, wurde ein Mittelwert aus den Daten zwischen 5. und 10. Minute gebildet;
das Atemvolumen wurde auf Liter/min. = AMV umgerechnet.

4. Vitalkapazität

5. Kapillarresistenz

Bei den letztgenannten Versuchen sind keine Veränderungen an den Meßdaten vorgenommen worden.

V. Methodik der Auswertung

Jeder Betrachtung übergeordnet ist die Frage, wie die physiologischen Variablen sich zur entsprechenden Raumtemperatur und Raumfeuchte in Beziehung setzen lassen.

1. Die Meßdaten (Variablen) der Versuchspersonen 1/2/3, ferner das Personenmittel (P) werden mit Hilfe graphischer Darstellungen auf folgende Fragen hin überprüft (qualitative Auswertung):

- Betrachtung der Niveauunterschiede und der absoluten Größe der Meßdaten der Versuchspersonen,
- Tagesgang der Meßgrößen an den einzelnen Versuchstagen und mittlerer Tagesgang der Versuchspersonen (Aussehen, Verlauf usw.),
- Periodengang (Aussehen, Verlauf,Schwankungen, Trend),
- Phasenverschiebung der Tagesmaxima und -minima im Laufe der Versuchsperiode,
- Änderungen der Amplitudengröße beim Tagesgang im Laufe der Versuchsperiode,
- Darstellung der mittleren Tagesgänge der einzelnen Versuchspersonen (kurvenmäßige bzw. tabellarische Zusammenstellung der mittleren Tagesgänge der einzelnen Versuchspersonen).

2. Statistische Betrachtung

a) Varianzanalyse (Bedeutung s.u.)

b) Korrelation der Variablen
- Tagesgang
- Periodengang
Trend

c) Der Korrelationsanalyse folgt eine Trendbereinigung der mit der Raumfeuchte und Raumtemperatur korrelierten Variablen.
Bei der statistischen Betrachtung ergibt sich außer der etwaigen Korrelation mit der Raumtemperatur und -feuchte auch die lineare Beziehung der physiologischen Größen untereinander. Hier wurde nur in manchen Fällen eine Trendbereinigung vorgenommen.

3. Die tabellarische Zusammenstellung ist für die qualitative und statistische Betrachtungsweise prinzipiell dieselbe.

Beispiel:

	RWG	RTT	TPL
RWG			
RTT			- -
TPL	-- --- (-)		
TZ	-- --- -		

a) Die linke untere Hälfte der Tabelle gibt Aufschluß über den Periodengang, die rechte obere Hälfte über den Tagesgang der Meßgrößen und ihre Beziehung zueinander.

b) Das + Zeichen bedeutet, daß die Meßgrößen ähnlichen Verlauf (positive Korrelation) zeigen, das - Zeichen bedeutet, daß die Kurven divergieren (negative Korrelation).

c) Die Symbole in der oberen Hälfte der Kästchen geben die Ergebnisse der qualitativen Kurvenbetrachtung wieder. Die Symbole in der unteren Hälfte der Kästchen geben die Ergebnisse der statistischen Auswertung an.

d) Die Symbole rechts im Kästchen geben das Verhalten des Personenmittels (P) an. Die Symbole links im Kästchen geben in der Reihenfolge von links nach rechts das Verhalten der einzelnen VPs an.

e) Die nach der Trendbereinigung (s.u.) unter der Signifikanzschranke liegende Korrelation in der unteren Hälfte der Kästchen werden in Klammern gesetzt.

f) Die in der oberen Hälfte der Kästchen in Klammern gesetzten Symbole geben bedingte qualitative Beziehungen der korrelierten Meßgrößen an.

g) Da Raumfeuchte (RWG) und Raumtemperatur (RTT) stets einen ähnlichen Verlauf zeigen, wurde in den Tabellen auf eine Kennzeichnung verzichtet.

h) Bei der Alveolarluft entfällt die Frage nach dem Tagesgang, da nur eine Messung pro Tag vorliegt.

i) Die Frage nach der Phasenverschiebung der Maxima und Minima und nach der Amplitudenveränderung wird mit den folgenden statistischen Mitteln nicht beantwortet.

4. Die statistische Methode

Die Ergebnisse werden nach dem Computerprogramm BMDX 69 (Varianz/Covarianzanalyse) ausgewertet. Die Einflußgrößen (Haupteffekte) werden mit den Indices P, T, M bezeichnet. Die Haupteffekte werden im vollhierarchischen System

1. von der Stufe P = Abweichungen der Mittelwerte der VP über die Gesamtversuchszeit vom Gesamtmittel
2. von der Stufe VP1/2/3 (Abweichungen der Tagesmittel und Tageszeitmittel von den Mittelwerten der einzelnen VP)

aus betrachtet.

Diese hierarchische Anordnung wird dadurch gekennzeichnet, daß die nachgeordneten Effekte in Klammern die Kurzbezeichnungen der übergeordneten Effekte beigeordnet erhalten.

Im vollhierarchischen System auf der Stufe P kommen folgende Symbole zur Anwendung:

Komponente P
" T(P)
" M(TP)

Im vollhierarchischen System auf der Stufe VP1/2/3 gelten die folgenden Symbole:

Komponente T
" M(T)

Mit Komponente T wird das Verhalten einer Meßgröße während der 19tägigen Versuchsdauer verfolgt; Komponente M charakterisiert das Verhalten einer Meßgröße im Tagesablauf.

1. Varianzanalyse (Cross-Product)

Betrachtet werden die Summen der Abstandsquadrate für alle Komponenten und ihre Beziehungen zueinander. Dabei bedeutet:

P < T(P): Die Versuchspersonen bewegen sich bezüglich der Meßgröße auf ähnlichem Niveau und reagieren gleichsinnig.
T(P) > M(PT); T > M(T): es ist ein Tagesgang erkennbar.
Bei Umkehr der Größer-Kleiner-Zeichen sind umgekehrte Schlußfolgerungen zulässig.

2. Korrelationsanalyse (Korrelationsmatrix)

Der Korrelationskoeffizient r gibt an, ob innerhalb eines Vertrauensbereichs 2α eine signifikante Beziehung zwischen zwei Meßgrößen erkennbar ist. Der Vertrauensbereich wird mit $2\alpha = 0,1$ festgelegt.

Berechnung der Freiheitsgrade für:

a) Komponente P: P-2
" T(P): P(T-1) -2
" M(PT): PT(M-1) -2

b) Komponente T: T-2
" M(T): T(M-1) -2

Unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade und der Signifikanzschranken läßt sich die Schranke für den Korrelationskoeffizienten r z.B. aus Documenta Geigy (Wissenschaftliche Tabellen 6. Auflage 1960, S. 61) entnehmen.

3. Trendbereinigung

Eine Meßgröße zeigt dann einen linearen Trend, wenn sie signifikant mit der Tagesziffer korreliert. Um eine indirekte Korrelation zweier Meßgrößen aufgrund gemeinsamer Trendbeziehungen abzutrennen, wird eine Trendbereinigung nach folgender Formel durchgeführt:

$$r'_{\text{Var.a Var.b Tage}} = \frac{r_{\text{Var.a Var.b}} - r_{\text{Tage Var.a}} \times r_{\text{Tage Var. b}}}{\sqrt{1 - \left(r_{\text{Tage Var. a}} \times r_{\text{Tage Var.b}} \right)^2}}$$

D. BESCHREIBUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE +

I. Tagesprofil

1. Qualitive Auswertung ++

a) TPD (Tagesprofil diastolischer Blutdruck)

aa) VP2 zeigt die höchsten Blutdruckwerte. VP1/3 liegen mit ihren Werten auf niedrigerem, ähnlichen Niveau.

bb) Aus dem Kurvenverlauf ist ein allen VPs ähnlicher Tagesgang ersichtlich (TPD Abb. 6 a)). Bei sämtlichen VPs liegen die diastolischen Blutdruckwerte um 7.00 Uhr relativ hoch. Danach folgt eine Inzisur mit erniedrigten Werten (deutlich am13.8.,14.8.). Die zeitlich folgenden Werte sind starken individuellen Schwankungen unterworfen. Der Wert um 19.00 Uhr zeigt häufig steigende Tendenz, doch eine Gesetzmäßigkeit ist nicht zu sehen.

VP1: Die Tagesverläufe zeigen wenig Ähnlichkeit; ein Zusammenhang mit Raumfeuchte und Raumtemperatur ist nicht erkennbar. Die Amplitude des Tagesganges nimmt im Laufe der Versuchsperiode zu.

VP2: Die Werte um 7.00 und um 19.00 Uhr liegen hier verhältnismäßig hoch; die Werte zeigen im Laufe des Tages ausgeprägte Größenschwankungen. Die diastolischen Blutdruckwerte zeigen einen angedeutet gegenläufigen Tagesgang (12.8., 18.8.) zur Raumfeuchte und Raumtemperatur, die im Tagesgang zeitweise einen ähnlichen Rhythmus aufweisen (z.B.am 4.8.,5.8.,13.8.). Eine Amplitudenveränderung der Meßwerte im Laufe der Versuchsperiode ist nicht ersichtlich.

+ die zu den einzelnen Versuchen gehörigen Kurvenverläufe finden sich am Ende der Arbeit im Anhang zusammengefaßt.

++ die mittleren Tagesgänge befinden sich am Schluß dieses Kapitels.

VP3: zeigt im Tagesgang geringe Schwankungen der Meßgrößen. Am 16.8. und 17.8. ist der Kurvenverlauf angedeutet umgekehrt proportional zur Raumtemperaturkurve.

cc) Im Periodengang zeigt ausschließlich VP1 bei erniedrigter Feuchte und Raumtemperatur vom 9.8. bis 11.8. einen leichten Anstieg des diastolischen Blutdruckes, der in der folgenden Feuchteperiode auf demselben Niveau bleibt. Am 17.8. und 18.8. ist der Anstieg des diastolischen Blutdruckes wiederum zu verzeichnen. Der Anstieg scheint jeweils einen Tag nach der Feuchte- und Raumtemperatur zu erfolgen.

dd) Eine Phasenverschiebung der Verlaufskurven von TPD im Tages- und Periodengang in Bezug auf die Raumfeuchte- und Raumtemperaturkurven läßt sich nicht erkennen.

b) TPL (Tagesprofil Puls)

aa) Die absolute Größe der Pulsfrequenz nimmt in der Reihenfolge VP1/2/3 ab. Bei sämtlichen VPs nimmt die Pulsfrequenz im Laufe der Versuchsperiode zu.

bb) Aus dem Kurvenverlauf ist ein allen VPs ähnlicher Tagesgang zu sehen (TPL Abb. 6 b)). Die Pulsfrequenz liegt bei sämtlichen VPs um 7.00 Uhr relativ hoch, sinkt im Laufe des Tages ab, hat einen "Spike" um 15.00 Uhr, sinkt dann wieder ab, um dann deutlich anzusteigen (z.B. ausgeprägt am 6.8., 13.8., 16.8., 18.8., 20.8.).

VP1 : Vom 3.8. bis 8.8. ist bei VP1 die erhöhte Pulsfrequenz deutlich zu sehen. Bei hoher Raumtemperatur ist aus dem Kurvenbild eine Pulsverlangsamung zu ersehen (z.B.5.8. um 11.00 und 13.00 Uhr; 11.8. um 13.00 Uhr).

VP2/3: zeigen ein ähnliches, nicht so ausgeprägtes Verhalten in Bezug auf die Raumtemperatur (z.B. 10.8., 14.8., 17.8.).

cc) Im Periodengang zeigt VP1 zur Raumfeuchte und Raumtemperatur negative Korrelation.

dd) Eine Phasenverschiebung der Verlaufskurven von TPL in Bezug auf die Raumfeuchte und -temperaturen ist nicht zu sehen.

c) TPS (Tagesprofil systolischer Blutdruck)

aa) VP2 zeigt den höchsten systolischen Blutdruck; VP1/3 liegen analog TPD mit ihren Werten niedriger. VP1/2 zeigen im Laufe der Versuchsperiode eine deutliche Zunahme der systolischen Blutdruckwerte.

bb) Aus den Kurven des mittleren Tagesganges ist ein individuell unterschiedlicher Gang der Meßgrößen zu sehen (TPS Abb. 6 c)). Um 7.00 Uhr zeigen sämtliche VPs einen verhältnismäßig niedrigen Blutdruck, der im Laufe des Tages individuellen Schwankungen unterliegt. Gegen 19.00 Uhr steigt er in der Regel etwas an, VP1/2 zeigen gegen 7.00 Uhr meist deutlich erniedrigte RRS-Werte (= systolische Blutdruckwerte). VP3 verhält sich indifferent oder zeigt einen umgekehrten Kurvenverlauf.

VP1: am 8.8. und 16.8. zeigt VP1 eine gegenläufige RRS-Kurve in Bezug zur RTT-Kurve (= Raumtemperaturkurve).

VP2: Dasselbe gilt für VP2, die durch die erheblichen Amplitudenschwankungen auch negative Korrelation zur Raumfeuchte zu haben scheint (z.B. 8.8., 10.8.).

cc) Während der Versuchsperiode zeigt VP1 vom 2.8. bis 4.8. eine deutlich negative Korrelation zur Raumtemperatur.

dd) Eine Phasenverschiebung der Verlaufskurven von TPS in Bezug auf die Raumfeuchte- und Raumtemperaturkurven ist nicht zu sehen.

d) TPA (Tagesprofil Atemfrequenz)

aa) Die Atemfrequenz ist am höchsten bei VP2, am niedrigsten bei VP3. Die Atemfrequenz zeigt im Laufe des Versuchs keinen Trend.

bb) Aus den Kurven des mittleren Tagesganges ist ein allen VPs ähnlicher Tagesgang zu ersehen (Abb. 6 d)). Gemeinsam ist den VPs der Atemfrequenzanstieg am Nachmittag. VP1/3 zeigen eine negative Korrelation zur Raumfeuchte. Dies gilt für VP2 nur bedingt.

VP1: Die Amplitude des Tagesganges scheint etwas kleiner zu werden. Zur RTT liegt eine deutliche negative Korrelation u.a. am 3.8., 4.8. und 16.8. vor.

VP2: unauffällig

VP3: Hier ist die größte Amplitude mit niedrigen Vormittags- und hohen Nachmittagswerten auffallend. Die negative Korrelation zur RTT (z.B. 11.8., 16.8.) ist hier sehr ausgeprägt.

cc) VP3 zeigt über die Versuchsperiode eine negative Korrelation zur Raumfeuchte und Raumtemperatur.

dd) Eine Phasenverschiebung der Verlaufskurven von TPA in Bezug auf die Raumfeuchte- und Raumtemperaturkurven ist nicht ersichtlich.

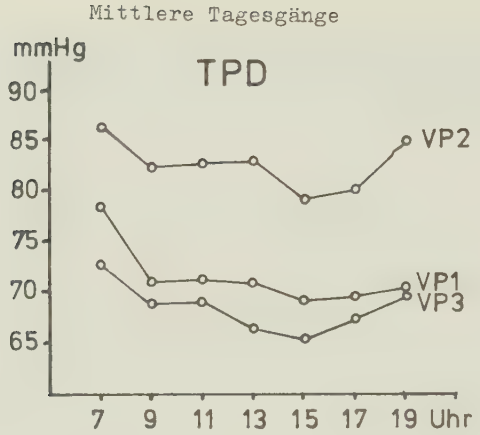


Abb. 6 a) Diastolischer Blutdruck

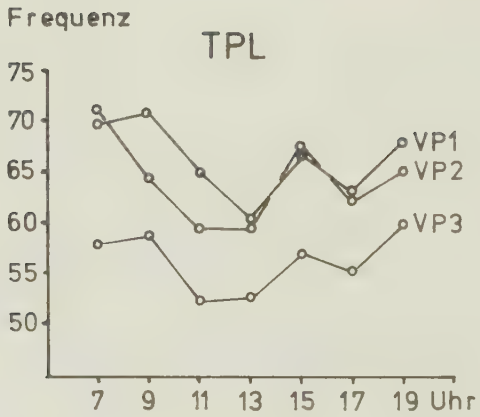


Abb. 6 b) Pulsfrequenz

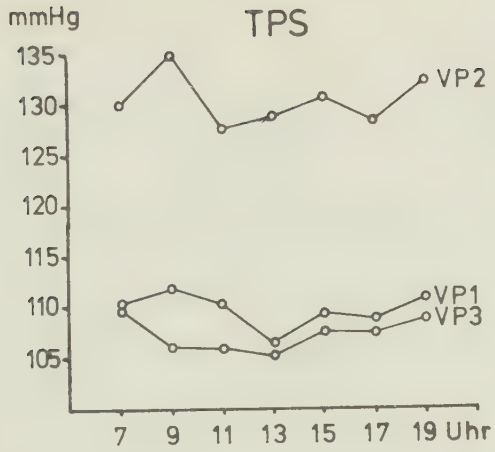


Abb. 6 c) Systolischer Blutdruck

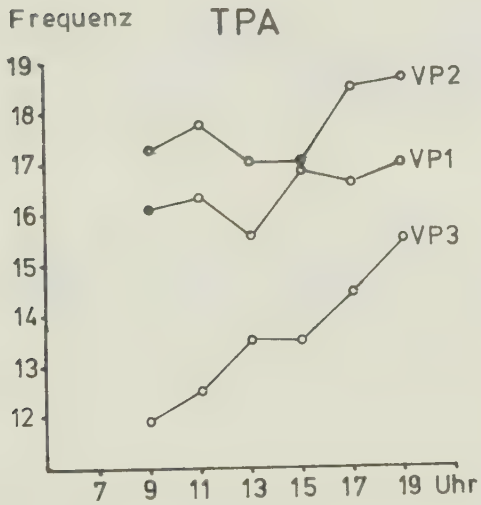


Abb. 6 d) Atemfrequenz

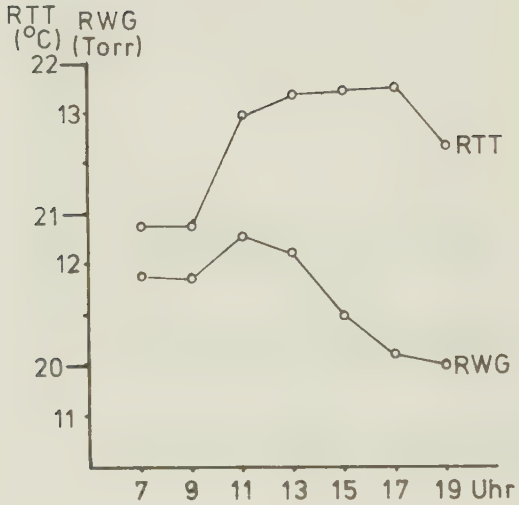


Abb. 6 e) Raumtemperatur (RTT)
Raumwassergehalt (RWG)

Abb. 6

Mittlere Tagesgänge der einzelnen Versuchspersonen im Tagesprofil,
mittlerer Tagesgang der Raumtemperatur und Raumfeuchte (Erklärung siehe zugehörige Beschreibung der einzelnen Variablen)

2. Statistische Auswertung

a) Varianzanalyse (Cross-Product)

Varianzanteil:

T(P) gibt Aufschluß über den Periodengang der Personenmittelwerte,

T gibt Aufschluß über den Periodengang der Meßwerte der Einzelpersonen,

M(PT) gibt Aufschluß über den Tagesgang der Personenmittelwerte,

M(T) gibt Aufschluß über den Tagesgang der Meßwerte der Einzelpersonen,

P gibt Aufschluß über die Niveauunterschiede der Meßgrößen der Einzelpersonen untereinander.

	VP1		VP2		VP3		Personenmittel		
	T	M(T)	T	M(T)	T	M(T)	P	T(P)	M(PT)
TPD	0,120	0,450	0,070	0,530	0,090	0,360	1,590	0,270	1,350
TPL	0,170	0,290	0,150	0,340	0,070	0,320	0,760	0,380	0,960
TPS	0,160	0,320	0,130	0,610	0,080	0,270	4,330	0,360	1,210
TPA	0,009	0,015	0,004	0,034	0,014	0,060	0,100	0,027	0,110

Tabelle Nr. 1

(Erklärung siehe folgenden Text; eine stark schematisierte Übersicht über sämtliche bearbeitete Variable findet sich am Ende des Kapitels D.)

- Bei sämtlichen Variablen überwiegt der Tagesgang sowohl bei den Einzelpersonen als auch beim Personenmittel (M(T) > T; M(PT) > T(P)).
- Der Puls zeigt bei VP1/2/3 und dem Personenmittel den größten Periodengang, doch ist er im Vergleich zum
- Tagesgang klein: Bei TPD, TPL und TPS weist VP2 den größten Tagesgang auf, bei TPA VP3.
- Das Blutdruckniveau der VPs ist sehr unterschiedlich, bei TPL und TPA ist die Ausgangslage ähnlicher.

b) Die Korrelation

Die Zahl der Freiheitsgrade ergibt sich bei

TPS/D, TPL für:		bei TPA für:	
T(P)	= 52	T(P)	= 52
T	= 17	T	= 17
M(PT)	= 342	M(PT)	= 283
M(T)	= 112	M(T)	= 93

Für den Korrelationskoeffizient von $2\alpha = 0,1$ ergibt sich der Vertrauensbereich bei

TPS/D, TPL für:		bei TPA für:	
T(P)	= 0,226	T(P)	= 0,226
T	= 0,39	T	= 0,39
M(PT)	= 0,12	M(PT)	= 0,12
M(T)	= 0,15	M(T)	= 0,57

Ist der Absolutwert in den entsprechenden Korrelationstabellen der Computerlisten kleiner als der zugehörige Korrelationskoeffizient, so ist eine Korrelation nicht mit ausreichender Sicherheit von Zufallseinflüssen abzugrenzen.

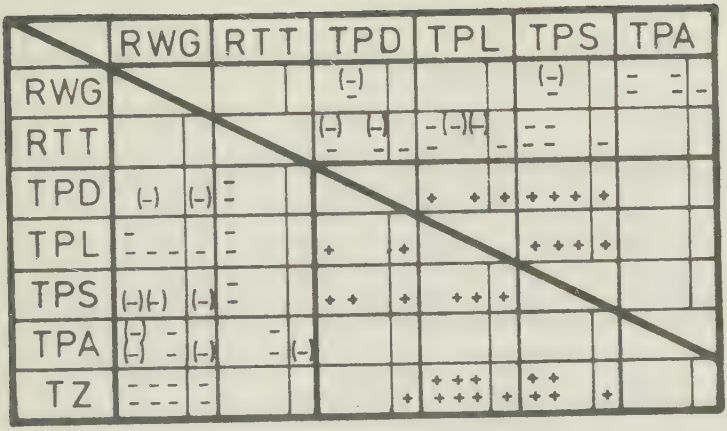


Tabelle Nr. 2

Linke untere Hälfte der Tabelle: Periodengang
rechte obere Hälfte der Tabelle: Tagesgang
obere Hälfte der Kästchen : qualitative Auswertung
Klammern : angedeutete Korrelation
untere Hälfte der Kästchen : statistisch ermittelte Ergebnisse
Klammern : nach der Trendbereinigung ist keine Korrelation mehr erkennbar
Reihenfolge der Symbole : VP1/2/3 Personenmittel P

c) Trendbereinigung der Korrelationskoeffizienzwerte von:

Raumwassergehalt

	vorher				nachher			
	T			T(P)	T			T(P)
	VP1	VP2	VP3	P	VP1	VP2	VP3	P
TPD		-0,50		-0,25		-0,34		-0,11
TPL	-0,66	-0,45	-0,42	-0,52	-0,42	0,02	-0,16	-0,18
TPS	-0,40	-0,42		0,27	-0,22	-0,08		-0,15
TPA	-0,48		-0,62	-0,38	-0,30		-0,42	-0,21

Raumtemperatur

	vorher				nachher			
	T			T(P)	T			T(P)
	VP1	VP2	VP3	P	VP1	VP2	VP3	P
TPD	-0,50				-0,54			
TPL	-0,67				-0,62			
TPS	-0,46				-0,42			
TPA			-0,57	-0,24			-0,55	-0,22

Tabelle Nr. 3

Trendbereinigung

Die trendbereinigten Größen sind Näherungswerte. Die nach der Trendbereinigung unterhalb der entsprechenden Signifikanzschranken liegenden Werte sind in Tabelle Nr. 2 in Klammern gesetzt.

d) Korrelation physiologischer Größen untereinander.

Puls, systolischer und diastolischer Blutdruck korrelieren sowohl im Tagesgang als auch im Periodengang positiv. Eine Beziehung zur Atemfrequenz konnte nicht ermittelt werden, da sie statt 7 x pro Tag 6 x pro Tag gemessen wurde. In der verwendeten Korrelationsmatrix werden nur Messungen korreliert, die zu gleicher Zeit gleich häufig gemessen wurden.

II. Ergometrie

1. Qualitative Auswertung

a) EP1 (Ruhepuls)

aa) Die Absolutwerte des Ruhepulses nehmen in der Reihenfolge VP1/2/3 ab. Im Laufe der Versuchsperiode nimmt der Ruhepuls von VP2 zu.

bb) Beim Tagesgang läßt sich keine gesetzmäßige Rhythmik nachweisen. Eine Beziehung zur Raumfeuchte und Raumtemperatur ist nicht erkennbar.

cc) Während der Versuchsperiode zeigt VP1 eine ausgeprägte Schwankungsbreite des Ruhepulses. VP2 läßt einen der Raumtemperatur ähnlichen Verlauf von EP1 erkennen.

dd) Eine Phasenverschiebung, d.h. eine zeitliche Verschiebung der Ruhepulskurven in Bezug auf die entsprechenden Raumtemperatur- und Raumfeuchtekurven ist nicht zu sehen.

b) EP2 (Erholungspuls = Puls nach Ergometerbelastung)

aa) VP1 zeigt den geringsten Pulsanstieg bei höchster Ruhepulszahl. Die Pulsfrequenzen von VP2/3 liegen über der Pulskurve von VP1 entsprechend ihren Ausgangswerten. Bei VP1 steigt der Erholungspuls im Laufe der Versuchsperiode an.

bb) Im Tagesgang ist kein Rhythmus zu erkennen. VP1 zeigt ausgeprägte Tagesschwankungen der Absolutwerte von EP2.

cc) EP2 von VP1/2 zeigt im Periodengang eine negative Korrelation mit der Raumfeuchte: Bei hoher Luftfeuchte bis zum 7.8. ist EP2 relativ klein; vom 8.8. an steigt EP2 an. In der Zeit vom 14.8. bis 16.8. ist EP2 niedrig; danach steigt EP2 wieder an. VP2 zeigt eine deutlichere Korrelation als VP1; EP2 von VP2 zeigt eine negative Korrelation zur Raumtemperaturkurve.

dd) VP1 zeigt am 8.8. einige Stunden nach dem "Feuchtesprung" einen niedrigen EP2; in der Folgezeit steigt EP2 an. Am 14.8., also 12 Stunden nach dem "Feuchtesprung" sinkt EP2 ab. Bei VP2/3 ist diese Beobachtung nicht zu machen.

c) EP3

aa) VP1 liegt in der Erholungsphase einige Male mit den Absolutwerten unterhalb des Ruhepulsniveaus, während VP2/3 die Ruhewerte in dieser Phase noch nicht erreichen. VP1 zeigt einen positiven Trend; VP2 zeigt einen negativen Trend.

bb) Im Tagesgang liegen bei VP2 die Vormittagswerte in der Regel höher als die Nachmittagswerte. Daraus ergibt sich ein ähnlicher Kurvenverlauf wie bei Raumfeuchte.

cc) Während der Versuchsperiode zeigt EP3 bei VP3 einen angenähert ähnlichen Verlauf wie die Raumtemperaturkurve.

dd) Eine Phasenverschiebung der Erholungspulskurven EP3 in Bezug zur Raumtemperatur- und Raumfeuchtekurve ist nicht ersichtlich. EP3 verläuft prinzipiell wie EP2, nur daß die Absolutwerte niedriger liegen und die Kurve nivellierter erscheint.

d) EPS (Pulssumme)

aa) Die niedrigste Pulssummenkurve zeigt VP1, während VP2 etwas höher liegt als VP3. EPS nimmt im Laufe des Versuchs bei VP1 zu, bei VP2 ab.

bb) Die Vormittagswerte liegen bei VP2 in der Regel höher als die Nachmittagswerte. Daraus resultiert ein ähnlicher Kurvenverlauf mit dem Raumfeuchteverlauf.

e) ES1 (Systolischer Ruheblutdruck)

aa) ES1 zeigt bei sämtlichen VPs geringe Niveauunterschiede. Im Laufe der Versuchsperiode nimmt ES1 bei VP2 zu.

bb) Gesetzmäßige, tagesperiodische Schwankungen von ES1 sind qualitativ nicht nachzuweisen.

f) ES2

aa) Bei VP3 zeit ES2 in der Regel den deutlichsten Anstieg. Die Meßgrößen der VPs liegen auf ähnlichem Niveau. Die Amplitudenschwankungen sind beträchtlich. ES2 zeigt einen Anstieg im Laufe der Versuchsperiode.

bb) Eine gesetzmäßige Tagesrhythmik ist nicht ersichtlich.

cc) Die Meßdaten von VP3 korrelieren negativ mit der Raumtemperatur und der Raumfeuchte. Dies ist zwischen dem 8.8. und dem 14.8. deutlich zu erkennen.

g) ES3

ES3 erreicht bei keiner Versuchsperson den Ausgangswert ES1. Der Verlauf von ES3 zeigt keine Korrelation zu Wetterelementen. Prinzipiell zeigt ES3 denselben Kurvenverlauf wie ES2.

h) ED1 (Diastolischer Ruheblutdruck)

aa) Die Meßwerte der drei VPs liegen auf demselben Niveau. Im Laufe der Versuchsperiode nimmt bei VP1/2 der diastolische Blutdruck zu.

bb) Die Vor- und Nachmittagswerte zeigen häufig denselben Wert.

cc) VP1 zeigt im Periodengang eine angedeutet negative Korrelation zur Raumfeuchte.

i) ED2

aa) VP1/3 zeigen ähnliches Niveau. VP2 weist im Laufe des Versuchs abnehmende Werte auf.

bb) Der Tagesgang zeigt keine erkennbare Rhythmik.

cc) Im Laufe des Versuchs weisen VP1/2 eine starke positive Korrelation von EP2 zum Raumfeuchteverlauf auf. Bei VP2 wird dieser Eindruck durch den starken negativen Trend von EP2 verstärkt. VP3 verhält sich indifferent in Bezug auf Wetterelemente.

j) ED3

aa) Bei VP2 liegt das Niveau von ED3 unterhalb des Ausgangswerts. VP1/3 zeigen etwa dieselben Werte wie in Ruhe. VP2 zeigt einen starken negativen Trend.

bb) Der Tagesgang weist keine erkennbare gesetzmäßige Rhythmik auf.

cc) Im Periodengang zeigt VP1 bei ED3 eine positive Korrelation mit der Raumtemperatur. Dies ist besonders zwischen dem 13.8. und 16.8. deutlich zu erkennen. Prinzipiell zeigt ED3 denselben Kurvenverlauf wie ED2. Die Meßgrößen bewegen sich auf niedrigerem Niveau.

	VP1		VP2		VP3	
	VO	NA	VO	NA	VO	NA
EP1	80	80	67	69	63	66
EP2	118	142	135	134	121	123
EP3	97	103	92	86	80	83
EPS	162	188	487	421	378	380
ES1	113	117	124	128	112	114
ES2	154	155	168	170	165	165
ES3	131	132	142	143	140	141
ED1	80	82	86	87	77	77
ED2	67	66	60	61	63	63
ED3	80	81	75	77	75	75

Tabelle Nr. 4

Errechnete mittlere Tagesgänge der einzelnen Versuchspersonen in der Ergometrie (Näheres siehe Anhang).

Anhang:

Mittlerer Tagesgang der einzelnen Versuchspersonen in der Ergometrie. Die Mittelwerte ergeben im Gegensatz zu a) bis j) bb) einen Tagesgang. Dabei liegen die Nachmittagswerte bis auf wenige Ausnahmen (VP2: EP2/3/S) zahlenmäßig im Durchschnitt höher als am Vormittag. Die Zahlen geben die absoluten RR-Werte an.

2. Statistische Auswertung

a) Varianzanalyse

Varianzanteil:

T(P) gibt Aufschluß über den Periodengang der Personenmittelwerte,

T gibt Aufschluß über den Periodengang der Meßwerte der Einzelpersonen,

M(PT) gibt Aufschluß über den Tagesgang der Personenmittelwerte,

P gibt Aufschluß über die Niveauunterschiede der Meßgrößen der Einzelpersonen untereinander.

	VP1		VP2		VP3		Personenmittel		
	T	M(T)	T	M(T)	T	M(T)	P	T(P)	M(PT)
EP1	0,084	0,060	0,060	0,030	0,030	0,040	0,480	0,120	0,130
EP2	0,210	0,110	0,130	0,070	0,080	0,050	0,320	0,420	0,230
EP3	0,080	0,040	0,090	0,100	0,090	0,070	0,780	0,270	0,210
EPS	15,55	8,660	11,39	11,50	11,60	7,380	149,8	38,57	27,54
ES1	0,060	0,070	0,110	0,050	0,060	0,050	0,350	0,220	0,180
ES2	0,070	0,100	0,200	0,070	0,100	0,050	0,300	0,380	0,220
ES3	0,070	0,070	0,090	0,070	0,060	0,050	0,310	0,230	0,190
ED1	0,060	0,059	0,040	0,030	0,050	0,040	0,170	0,150	0,130
ED2	0,090	0,070	0,140	0,030	0,060	0,060	0,300	0,290	0,160
ED3	0,050	0,070	0,070	0,030	0,080	0,040	0,220	0,200	0,140

Tabelle Nr. 5

Stark schematisierte Übersicht über sämtliche bearbeitete Variable siehe Ende Kapitel D.; Erklärung siehe folgenden Text

aa) Der Vergleich der Werte der Variablen des Tagesganges (M(T); M(PT)) mit denen des Periodenganges (T; T(P)) zeigt, ob Tagesgang oder Periodengang stärkere Schwankungen aufweisen.

bb) Das Verhältnis von P zu T(P) bzw. M(PT) gibt an, inwieweit sich die Meßgrößen der Personen niveaumäßig unterscheiden.

ad bb) Bei den Ruhewerten (EP1,EP2,EP3) ist P T(P), d.h. im Vergleich zur Größe des Periodenganges liegt das Niveau der Meßgrößen weit auseinander.

Bei den Erholungswerten (EP2, ES2) ist P < T(P), d.h. der Periodengang ist ausgeprägter als der Niveauunterschied der Personen. Diese Feststellung gilt für ED2 nur bedingt (P:T(P) = 0,30:0,29). Bei EP3, ES3, ED3 ist der Niveauunterschied der Meßgrößen erheblicher als die Schwankungen im Periodengang. Die Pulssummen der Versuchspersonen liegen auf verschiedenem Niveau.

b) Korrelation

Die Zahl der Freiheitsgrade ergibt sich für:

T(P) = 49
T = 16
M(PT) = 52
M(T) = 16

Für den Korrelationskoeffizient von $2\alpha = 0,1$ ergibt sich der Vertrauensbereich für:

T(P) = 0,232
T = 0,40
M(PT) = 0,226
M(T) = 0,40

Ist der Absolutwert in den entsprechenden Korrelationstabellen der Computerliste kleiner als der zugehörige Korrelationskoeffizient, so ist eine Korrelation nicht erkennbar.

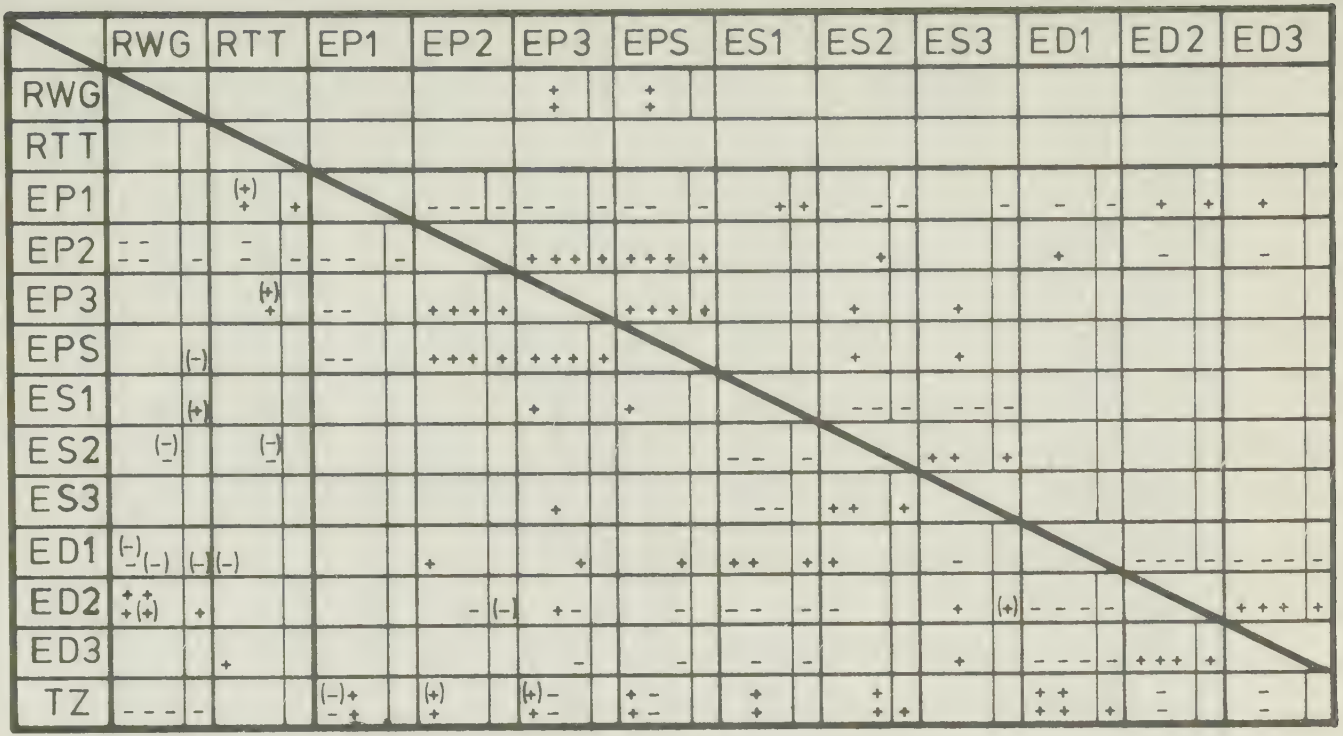


Tabelle Nr. 6

Linke untere Hälfte der Tabelle: Periodengang
rechte obere Hälfte der Tabelle: Tagesgang
obere Hälfte der Kästchen : qualitative Auswertung
Klammern : angedeutete Korrelation

untere Hälfte der Kästchen: statistisch ermittelte Ergebnisse
Klammern : nach der Trendbereinigung ist keine Korrelation mehr erkennbar
Reihenfolge der Symbole : VP1/2/3, Personenmittel P

c) Trendbereinigung

	Raumwassergehalt							
	vorher				nachher			
	T			T(P)	T			T(P)
	VP1	VP2	VP3	P	VP1	VP2	VP3	P
EP1								
EP2	-0,65	-0,52		-0,50	-0,43	-0,64		-0,51
EP3								
EPS					-0,25			
ES1			0,47				0,37	
ES2			0,60				0,80	
ES3								
ED1	-0,65	-0,48		-0,31	-0,43	-0,25	-0,19	
ED2	0,60	0,60		0,47	0,77	0,28	0,28	
ED3		0,60				0,33		

	Raumtemperatur							
	vorher				nachher			
	T			T(P)	T			T(P)
	VP1	VP2	VP3	P	VP1	VP2	VP3	P
EP1		0,44		0,33		0,41		0,33
EP2		-0,57		-0,33		-0,56	0,43	-0,31
EP3			0,42					
EPS								
ES1								
ES2			0,46				0,48	
ES3								
ED1	0,44				0,15			
ED2								
ED3	0,41				0,41			

Tabelle Nr. 7
Erklärung siehe Text

Die trendbereinigten Größen sind Näherungswerte. Die nach der Trendbereinigung unterhalb der entsprechenden Signifikanzschranken liegenden Werte sind in Tabelle Nr. 6 in Klammern gesetzt.

Zusätzlich wurde eine Trendbereinigung durchgeführt bei T(P) (zugehöriger Korrelationskoeffizient = 0,232) für:

	vorher	nachher
EP2:ED2	-0,24	-0,13
ES1:ED1	0,44	0,38
ES1:ED2	-0,39	-0,27
ES1:ED3	-0,28	-0,24
ES3:ED2	0,24	0,13

d) Korrelation der physiologischen Größen untereinander

aa) Puls, systolischer und diastolischer Blutdruck stimmen im Tages- und Periodengang darin überein, daß die Ruhewerte mit den errechneten Erholungswerten (siehe Kapitel C. Material und Methodik, mittlere Erholungskurve Abb. 5) negativ korrelieren,d.h. je höher der Ruhewert ist, desto niedriger liegt der zugehörige Erholungswert (bezogen auf den Ruhewert).

bb) Der Ruhepuls EP1 läßt keine Beziehung zu ED1 und ES1 erkennen. ES1 korreliert positiv mit ED1.

cc) Für die entsprechenden Erholungswerte (EP2, EP3; ES2, ES3; ED1,ED3) gilt mit wenigen Ausnahmen dieselbe Aussage.

dd) Die Meßgrößen zeigen zum Teil einen deutlichen Trend (siehe Tabelle Nr. 6).

ee) Im Tagesverlauf zeigt VP2 folgende Beziehung physiologischer Größen untereinander:

EP1:ED1 = negative Korrelation, d.h. je geringer die Ruhepulsfrequenz ist, desto höher ist der diastolische Blutdruck in Ruhe.

EP1:ED2:ED3 = positive Korrelation, d.h. je geringer die Ruhepulsfrequenz ist, desto geringer ist der Abstand von Ruhepuls zu Erholungspuls.

EP2:ED1 = positive Korrelation, d.h. je höher der diastolische Ruheblutdruck ist, desto größer ist der Abstand zwischen Ruhepuls und Erholungspuls.

EP2:ED2:ED3 = negative Korrelation, d.h. je kleiner der Abstand vom diastolischen Ruhewert zum diastolischen Erholungswert ist, desto größer ist der Abstand vom Ruhepuls zum Erholungspuls.

Zusammenfassend wird bei VP2 deutlich, daß der diastolische Ruhewert und die Ruhepulsfrequenz sich umgekehrt verhalten. Bei hohem Ruhewert der einen Variablen ist der Erholungswert der korrespondierenden Variablen hoch und umgekehrt.

III. Alveolarluft

1. Qualitative Auswertung

a) ALO (= Alveolares O_2-Defizit (Vol%) = O_2-Verbrauch)

aa) VP1 zeigt im Laufe der Versuchsperiode die größten Schwankungen im O_2-Verbrauch. Ein Trend ist nicht erkennbar.

bb) Auswertung des Tagesganges (Messung nur einmal pro Tag).

cc) Der Kurvenverlauf zeigt bei sämtlichen VPs Ähnlichkeit. Die Werte vom 2.8. bis 6.8. liegen relativ hoch, vom 7.8. bis 13.8. sinken sie etwas ab, steigen zwischen dem 12.8. und 15.8. an und sinken dann wieder ab. Dieser Eindruck wird durch besonders niedrige Werte am 7.8. und 11.8. verstärkt.

ALO von VP1 zeigt einen ähnlichen Kurvenverlauf wie RWG und RTT. VP2/3 lassen diese Korrelation nur schwach erkennen. Bei VP2 kann man eine Abnahme des O_2-Verbrauches erkennen.

dd) Eine Phasenverschiebung der O_2-Defizitkurve in Bezug zur Raumtemperatur und Raumfeuchte ist nicht zu sehen.

b) ALC(= Alveolare CO_2-Konzentration (Vol%))

aa) VP1 weist die größte CO_2-Produktion auf, gefolgt von VP3/2. Bei VP1 scheint die CO_2-Produktion im Laufe der Versuchsperiode abzunehmen, während sie bei VP3 steigt.

bb) Auswertung des Tagesgangs entfällt (siehe oben).

cc) Ähnlich wie bei ALO zeigt VP1 den größten Periodengang. Bei sämtlichen VPs liegt ein ähnlicher Kurvenverlauf vor, wobei die Schwankungen nicht so gravierend sind wie bei ALO. Aus den Kurven ist keine Korrelation zu den Wetterelementen erkennbar.

dd) Eine Phasenverschiebung der alveolaren CO_2-Produktionskurve in Bezug auf die Wetterelemente ist aufgrund des Kurvenmaterials nicht erkennbar.

c) Atemminutenvolumen (= ALL)

aa) Das Atemminutenvolumen ist starken Schwankungen unterworfen. Bei VP2 wurden einmal über 20 l/min. gemessen. Den niedrigsten Wert zeigt VP3 am 5.8. mit etwa 6 l/min. Das Atemvolumen nimmt im Laufe der Versuchsperiode ab, wobei der stark negative Trend bei VP2 auffällt.

bb) Auswertung des Tagesgangs entfällt (siehe oben).

cc) Der Kurvenverlauf zeigt selten Ähnlichkeit. So sinkt zum Beispiel am 14.8. das Atemvolumen bei sämtlichen VPs ab und steigt am folgenden Tag wieder an.

Zu RWG und RTT läßt sich keine Beziehung nachweisen.

dd) Eine Phasenverschiebung der Atemminutenvolumenkurve in Bezug auf die Raumfeuchte- und Raumtemperaturkurve ist nicht zu sehen.

2. Statistische Auswertung

a) Varianzanalyse

Varianzanteil:

T(P) gibt Aufschluß über den Periodengang der Personenmittelwerte,

T gibt Aufschluß über den Periodengang der Meßwerte der Einzelpersonen,

M(PT) gibt Aufschluß über den Tagesgang der Personenmittelwerte,

M(T) gibt Aufschluß über den Tagesgang der Meßwerte der Einzelpersonen,

P gibt Aufschluß über die Niveauunterschiede der Meßgrössen der Einzelpersonen untereinander.

	VP1		VP2		VP3		Personenmittel		
	T	M(T)	T	M(T)	T	M(T)	P	T(P)	M(PT)
ALC	6,480		3,260		9,150		0,310	12,91	
ALC	1,960		0,710		0,550		2,170	3,230	
ALL	24,48		126,9		36,60		68,70	187,6	

Tabelle Nr. 8
(Erklärung siehe folgenden Text)

- VP1 zeigt in der O_2-Verbrauchs- und CO_2-Produktionskurve den größten Periodengang, während VP2 die stärksten Atemvolumenschwankungen aufweist.
- $P < T(P)$ bedeutet, daß sich die VPs bezüglich sämtlicher Meßgrößen auf ähnlichem Niveau bewegen und der Periodengang im Vergleich mit den Niveauschwankungen relativ groß ist.

b) Korrelation

Die Zahl der Freiheitsgrade ergibt sich für:

T(P) = 52
T = 17

Für den Korrelationskoeffizient von $2\alpha = 0,1$ ergibt sich der Vertrauensbereich für:

T(P) = 0,226
T = 0,39

Sind die Absolutzahlen in der entsprechenden Korrelationstabelle kleiner als der zugehörige Korrelationskoeffizient, so ist keine Korrelation erkennbar.

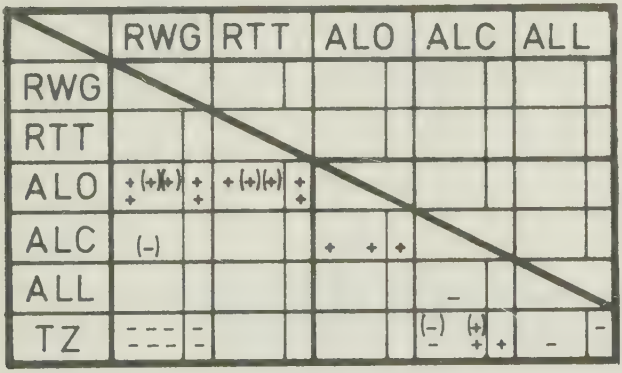


Tabelle Nr. 9

linke untere Hälfte der Tabelle: Periodengang
rechte obere Hälfte der Tabelle: Tagesgang
obere Hälfte der Kästchen : qualitative Auswertung
Klammern: angedeutete Korrelation
untere Hälfte der Kästchen : statistisch ermittelte Ergebnisse
Klammern : nach der Trendbereinigung ist keine Korrelation mehr erkennbar
Reihenfolge der Symbole : VP1/2/3, Personenmittel P

c) Trendbereinigung

Raumwassergehalt

	vorher				nachher			
	T			T(P)	T			T(P)
	VP1	VP2	VP3	P	VP1	VP2	VP3	P
ALO	0,57			0,36	0,44			0,26
ALC		0,40				0,24		
ALL								

Raumtemperatur

	vorher				nachher			
	T			T(P)	T			T(P)
	VP1	VP2	VP3	P	VP1	VP2	VP3	P
ALO				0,26	0,47			0,24
ALC								
ALL								

Tabelle Nr. 10

Die trendbereinigten Größen sind Näherungswerte. Die nach der Trendbereinigung unterhalb der entsprechenden Signifikanzschranken liegenden Werte sind in der Tabelle Nr. 9 in Klammern gesetzt.

d) Korrelation physiologischer Meßgrößen untereinander

aa) Die Ventilationsgröße ALL scheint keine signifikante Beziehung zu ALO und ALC zu besitzen.

bb) Das O_2-Defizit ALO und ALC korrelieren positiv, d.h. je höher die O_2-Aufnahme des Gewebes (Blut als erste Station) ist, desto höher ist die CO_2-Produktion (Konzentration in den Alveolen).

IV. Vitalkapazität

1. Qualitative Auswertung

aa) Regelmäßig zeigt VP1 die größte Vitalkapazität, gefolgt von VP2/3. Ein Trend ist nicht erkennbar.

bb) Ausschließlich VP1 zeigt einen ausgeprägten Tagesgang. Die Vormittagswerte liegen in der Regel höher als die Nachmittagswerte: An 19 Versuchstagen bei VP1 17x, bei VP2 12x, bei VP3 11x höher als am Nachmittag. Vergleichswerte des mittleren Tagesgangs bei den einzelnen VPs:

VP1: vormittags 5,79 l, nachmittags 5,68 l
VP2: vormittags 5,35 l, nachmittags 5,32 l
VP3: vormittags 4,80 l, nachmittags 4,77 l.

Bei VP1 korreliert die Raumtemperatur negativ mit den Vor- und Nachmittagsmeßgrößen (z.B. ausgeprägt am 8.8.).

cc) Über die gesamte Versuchsperiode hinweg liegen die Vormittagswerte durchschnittlich höher als die Nachmittagswerte. Beziehungen der Vitalkapazität zu den periodischen Raumfeuchteänderungen sind nicht erkennbar.

dd) Eine Phasenverschiebung, d.h. ein "Nachhinken" der Vitalkapazität nach "Wetteränderung" ist nicht ersichtlich.

Die Amplitude des Tagesgangs ändert sich bei VP1 dahingehend, daß bei gleichbleibenden Vormittagswerten die Nachmittagswerte absinken.

2. Statistische Auswertung

a) Varianzanalyse (Cross-Product)

Bedeutung der in der Statistik verwendeten Symbole:

T(P) gibt Aufschluß über den Periodengang der Personenmittelwerte,

T gibt Aufschluß über den Periodengang der Meßwerte der Einzelpersonen,

M(PT) gibt Aufschluß über den Tagesgang der Personenmittelwerte,

M(T) gibt Aufschluß über den Tagesgang der Meßwerte der Einzelpersonen,

P gibt Aufschluß über die Niveauunterschiede der Meßgrößen der Einzelpersonen untereinander.

	VP1		VP2		VP3		Personenmittel		
	T	M(T)	T	M(T)	T	M(T)	P	T(P)	M(PT)
VIK	0,220	0,197	0,390	0,270	0,130	0,220	17,30	0,740	0,680

Tabelle Nr. 11

Stark schematisierte Übersicht über sämtliche bearbeitete Variable am Ende des Kapitels D.; Erklärung siehe folgenden Text).

- Der Vergleich der Werte der Variablen des Tagesganges (M(T); M(PT)) mit denen des Periodenganges (T; T(P)) zeigt, ob Tagesgang oder Periodengang stärkere Schwankungen aufweisen.
- Das Verhältnis von P zu T(P) bzw. M(PT) gibt an, inwieweit sich die Meßgrößen der Personen niveaumäßig unterscheiden.

b) Korrelation

Die Zahl der Freiheitsgrade ergibt sich für:

T(P) = 52
T = 17
M(PT) = 52
M(T) = 17

Für den Korrelationskoeffizient von 2α = 0,1 ergibt sich der Vertrauensbereich für:

T(P) = 0,226
T = 0,39
M(PT) = 0,226
M(T) = 0,39

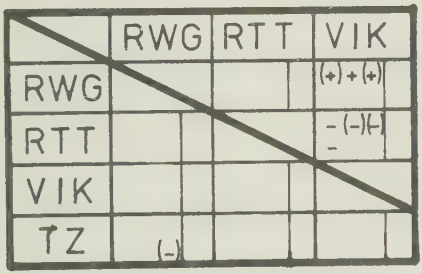


Tabelle Nr. 12

linke untere Hälfte der Tabelle : Periodengang
rechte obere Hälfte der Tabelle : Tagesgang
obere Hälfte der Kästchen : qualitative Auswertung
Klammern : angedeutete Korrelation
untere Hälfte der Kästchen : statistisch ermittelte Ergebnisse
Klammern : nach der Trendbereinigung ist keine Korrelation mehr erkennbar
Reihenfolge der Symbole : VP1/2/3, Personenmittel P

c) Trendbereinigung

	Raumwassergehalt							
	vorher				nachher			
	T			T(P)	T			T(P)
	VP1	VP2	VP3	P	VP1	VP2	VP3	P
VIK			-0,40				-0,25	
	Raumtemperatur(entfällt, da keine Korrelation erkennbar)							

Tabelle Nr. 13 Erklärung siehe folgenden Text

Die trendbereinigten Größen sind Näherungswerte. Die nach der Trendbereinigung unterhalb der entsprechenden Signifikanzschranken liegenden Werte sind in Tabelle Nr. 12 in Klammern gesetzt.

V. Kapillarresistenz

1. Qualitative Auswertung

aa) VP1 zeigt den größten Amplitudengang mit Petechienzahlen bis zu21. VP2/3 liegen mit ihren Werten bedeutend niedriger. Bei VP3 nimmt die Petechienzahl im Laufe der Versuchsperiode ab.

bb) Der Tagesgang läßt bei keiner Versuchsperson eine Gesetzmäßigkeit erkennen. Eine Beziehung zum Raumfeuchte- und Raumtemperaturverlauf läßt sich nicht herstellen.

cc) Der Periodengang zeigt große Schwankungen bei sämtlichen Personen. Eine Korrelation zu Wetterelementen ist nicht zu sehen.

dd) Eine Phasenverschiebung der KPR-Kurven in Beziehung zur Feuchte- und Temperaturkurve ist nicht zu sehen.

ee)Die Amplitudenveränderungen der KPR-Kurven lassen keine Gesetzmäßigkeit erkennen.

2. Statistische Auswertung

a) Varianzanalyse (Cross-Product)

Bedeutung der in der Statistik verwendeten Symbole:

T(P) gibt Aufschluß über den Periodengang der Meßwerte der Einzelpersonen,

T gibt Aufschluß über den Periodengang der Meßwerte der Einzelpersonen,

M(PT) gibt Aufschluß über den Tagesgang der Personenmittelwerte,

P gibt Aufschluß über die Niveauunterschiede der Meßgrößen der Einzelpersonen untereinander.

	VP1		VP2		VP3		Personenmittel		
	T	M(T)	T	M(T)	T	M(T)	P	T(P)	M(PT)
KPK	384,4	6o6,5	1o3,2	134,5	115,9	11o,o	414,1	6o3,6	851,o

Tabelle Nr. 14

Eine stark schematisierte Übersicht über sämtliche bearbeitete Variable befindet sich am Ende des Kapitels D.

b) Korrelation

Die Zahl der Freiheitsgrade ergibt sich für:

T(P) = 52
T = 17
M(PT) = 52
M(T) = 17

Für den Korrelationskoeffizient von 2α = 0,1 ergibt sich der Vertrauensbereich für:

T(P) = 0,226
T = 0,39
M(PT) = 0,226
M(T) = 0,39

Sind die Absolutzahlen in der entsprechenden Korrelationstabelle kleiner als der zugehörige Korrelationskoeffizient, so ist keine Korrelation erkennbar.

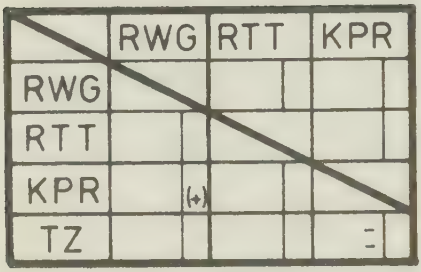


Tabelle Nr. 15

linke untere Hälfte der Tabelle: Periodengang
rechte obere Hälfte der Tabelle: Tagesgang
obere Hälfte der Kästchen : qualitative Auswertung
Klammern : angedeutete Korrelation
untere Hälfte der Kästchen : statistisch ermittelte Ergebnisse
Klammern : nach der Trendbereinigung ist keine Korrelation mehr erkennbar
Reihenfolge der Symbole : VP1/2/3, Personenmittel P

c) Trendbereinigung

RWG : KPR
vorher T(P) = 0,25
nachher T(P) = 0,17

Die trendbereinigten Größen sind Näherungswerte. Die nach der Trendbereinigung unterhalb der entsprechenden Signifikanzschranken liegenden Werte sind in Tabelle Nr. 15 in Klammern gesetzt.

Die folgende Tabelle soll einen schematischen Überblick über die Varianzen sämtlicher Meßgrößen geben. In den vorangehenden Kapiteln wurde bereits auf diese Tabelle verwiesen.

Im Tagesprofil zeigen die Variablen ein einheitliches Überwiegen des Tagesganges. Bei den übrigen Versuchen sind die Varianzen im Tagesgang und im Periodengang individuell verschieden.

	VP1		VP2		VP3		Personenmittel		
	T	M(T)	T	M(T)	T	M(T)	P	T(P)	M(PT)
TPD		+		+		+	+		
TPL		+		+		+			
TPS		+		+		+	+		
TPA		+		+		+			
EP1	+		+				+		+
EP2	+		+		+			+	
EP3	+			+	+		+	+	
EPS	+			+	+		+	+	
ES1		+	+		+		+	+	
ES2		+	+		+			+	
ES3			+		+		+	+	
ED1	+		+		+		+	+	
ED2	+		+				+	+	
ED3		+			+		+	+	
ALO									
ALC									
ALL									
VIK	+		+			+	+	+	
KPR		+		+	+				+

Tabelle Nr. 16

Übersicht über die Varianzen sämtlicher bearbeiteter Meßgrößen. Verglichen wird T mit M(T), T(P) mit M(PT), ferner P mit T(P) und M(PT). Die Kreuze bedeuten "größer als". Fehlen die Kreuze, so haben die miteinander verglichenen Varianzanteile gleiche Größenordnung oder es fehlt der Tagesgang (ALO usw.).

E. DISKUSSION

Vorbemerkung

In der Bioklimatik gilt der Satz, daß selbst eine ausgesprochene Korrelation zwischen zwei Formen des Geschehens noch lange keine kausale Verknüpfung bedeutet (DE RUDDER).

I. Tagesprofil

Im Tagesprofil werden Blutdruck, Puls und Atemfrequenz als mögliche Indikatoren einer Antwort des Organismus auf Raumfeuchte- und Raumtemperaturänderungen gemessen. Mit diesen Meßwerten können nur Teile einer komplexen Reaktion (oder Nicht-Reaktion) des Kreislaufs auf "Wetteränderungen" erfaßt werden.

Wegen der Fülle der körperlichen Kompensationsmechanismen auf äußere Reize ergeben sich prinzipiell folgende Deutungsmöglichkeiten der Versuchsergebnisse:

1. Der Indikator (TPD z.B.) ändert seine Größe mit einer Wetterschwankung.
2. Der Organismus läßt keine Reaktion erkennen, d.h. die Reize sind inadäquat.
3. Die für eine Reaktion des Organismus benötigten Reize sind unterschwellig.
4. Der Organismus benutzt einen im vorliegenden Versuch quantitativ nicht erfaßten Kompensationsmechanismus (Gefäßweite in der Peripherie, Schlagvolumen V_S).
5. Der Organismus zeigt zwar eine Reaktion auf einen Reiz, die Meßmethodik ist jedoch zu ungenau (s. Kapitel VI.: Kritik der Methodik).

Betrachtet man die Ergebnisse unter den angeführten Gesichtspunkten, so muß man bei der Frage nach Ursache und Wirkung,

Zusammenwirkung der Reaktionen usw. sehr vorsichtig sein. Da keine objektiven Meßwerte sämtlicher an der Kreislaufregulation beteiligten Mechanismen vorliegen, kann man nur den Versuch einer Erklärung eines bestimmten "Indikatorkurvenverlaufs" machen. Anhand der Versuchsergebnisse soll nun in der Reihenfolge Atemfrequenz, Pulsfrequenz und Blutdruck das Wesentliche besprochen und wenn möglich gedeutet werden.

Atemfrequenz (AFR):

Die Atemfrequenz (AFR) beträgt nach COMROE beim Gesunden 11-14 Atemzüge/min. Wenn sich auch ausschließlich VP3 in diesem Bereich bewegt, so liegt dennoch kein Grund vor, die 16-18 Atemzüge/min. von VP1/2 als pathologisch anzusehen.

Der Kurvenverlauf des Tagesganges ist ausgeprägter als der des Periodenganges. Die Varianzanalyse bestätigt diese qualitative Betrachtung ($M(T) > T$).

Bei sämtlichen Versuchspersonen ist eine deutliche Schwankung der Atemfrequenz mit der Tageszeit zu sehen. Die Atemfrequenz ist in der Frühe niedrig und steigt im Laufe des Tages an. Die Tagesamplitude liegt bei VP3 bei 11-16 Atemzügen/min., bei den anderen VPs ist sie kleiner.

Für den Tageskurvenverlauf charakteristisch erscheint die Zeit zwischen 13.00 und 15.00 Uhr. Bei VP1 steigt in dieser Zeit die Atemfrequenz erheblich an; VP2/3 zeigen hier ein Plateau, dann steigt die Atemfrequenz an.

Im Periodengang läßt sich kein Trend nachweisen. Die AFR bleibt also insgesamt gleich und scheint keine Beeinflussung durch psychische, hormonelle oder andere eventuell wirksame Faktoren zu zeigen.

Bei sämtlichen Betrachtungen über die AFR muß man sich klar darüber sein, daß die AFR allein eigentlich wenig über die Qualität der Ventilation aussagt, da sowohl bei langsamer als auch

bei frequenter Atmung, je nach den besonderen Umständen, eine Hypo- oder Hyperventilation bestehen kann (5). Da in unseren Versuchen in der Atemfolge ausschließlich die Frequenz berücksichtigt wurde, muß man in einer Bewertung der Beziehungen zwischen Raumfeuchte (RWG)/Raumtemperatur (RTT) und der Atmung sehr zurückhaltend sein. Dabei muß man, wie bei jeder Untersuchung von Tagesrhythmen, berücksichtigen, inwieweit überhaupt biotrope Faktoren den natürlichen Tagesgang der Meßgrößen beeinflussen. Nach REICHEL-BLEICHERT ist unter normalen Bedingungen der Schlaf-Wach-Rhythmus mit Tagesschwankungen der gesamten vegetativen Funktionen verknüpft. Besonders ausgeprägt sind die Änderungen der Körpertemperatur ....., der Lungenventilation, ... mit einem Minimum zwischen 4.00 und 6.00 Uhr und einem Maximum am Spätnachmittag. Für den Blutdruck gilt eine ähnliche Aussage.

Im Tagesgang liegt eine ausgeprägte Korrelation der Raumfeuchte mit der Atemfrequenzkurve von VP1/3 vor, während dies bei VP2 nicht erkennbar ist. Zur Raumtemperatur läßt sich keine Beziehung herstellen, obwohl man hier um eine Erklärung nicht verlegen wäre: Man könnte erwarten, daß die AFR mit steigender RTT zunimmt. Dabei kann man mit HENSEL die Schwankung der AFR unter dem Gesichtspunkt der Homoiothermie betrachten; infolge der hohen Verdampfungswärme des Wassers von 580 cal^{-1} ist die Wasserverdunstung an der Oberfläche der Haut und Schleimhäute ein wirksames Mittel der Wärmeabgabe. Je mehr Wärme abgegeben werden soll, desto höher ist die AFR. Wahrscheinlich aber sind die täglichen Temperaturschwankungen so gering (durchschnittlich $1^{o}C$), daß die AFR dadurch nicht meßbar beeinflußt wird. In diesem Bereich übernehmen Konvektion und Strahlung in hohem Maße die Wärmeabfuhr.

Wie kann man sich nun die negative bzw. fehlende Korrelation der Raumfeuchte mit der Atemfrequenz der drei VPs erklären?

Geht man davon aus, daß auf dem Atemwege die "Körperentwärmung" (nach REINDERS bis 25 %) einen beträchtlichen Anteil der Gesamt-

entwärmung übernimmt, so hängt die abgegebene Wärme von der Umgebungstemperatur-Feuchte einerseits und der Körpertemperatur und AFR andererseits ab. Man könnte nun annehmen, daß die AFR steigt, wenn ein zu geringer Feuchtegradient überwunden werden muß (also z.B. wenn die Raumfeuchte zunimmt). Der Organismus scheint diesen möglichen Weg der Körperentwärmung unter den herrschenden Bedingungen aber gar nicht zu beanspruchen, da die AFR sinkt, wenn die Raumfeuchte steigt (die ausgeatmete Wärmemenge hängt nach DE RUDDER vom Sättigungsdefizit der Einatmungsluft ab). Wahrscheinlich wird in unserem Feuchte-Bereich ein erheblicher Teil der Wärmeabfuhr durch Strahlung und Konvektion geleistet, so daß der Körper sich sogar einen Frequenzabfall bei sinkender Feuchte "leisten" kann. Möglicherweise nimmt aber auch die Atemtiefe auf Kosten der Frequenz zu: Durch die vertiefte Atmung könnte eine gleiche oder sogar größere Wärmemenge trotz verminderter AFR abgeführt werden (welches wir leider nicht nachprüfen können). Eventuell unterliegt die Atemfrequenz aber auch einem starken endogenen Rhythmus (wie es oben schon angedeutet wurde), der sich im Laufe des Tages unabhängig von biotropen Faktoren ändert. Dann könnte man die Feuchte-AFR-Korrelation als Zufallsergebnis werten.

Betrachtet man den Verlauf der RWG- und RTT-Kurven zusammen, so ergibt sich eine im Laufe des Tages abnehmende Relative Feuchte-Kurve. Der zunehmenden Temperatur und abnehmenden Feuchte im Laufe des Tages steht eine steigende AFR gegenüber. Da beiden Wetterkomponenten eine biotrope Wirkung zukommt (wenn eine Korrelation auch nur für die Feuchteänderung festgestellt wurde), sieht man die Schwierigkeit einer definitiven Deutung der Ergebnisse, weil beide Faktoren in ihrer Wirkung nur schwer voneinander zu trennen sind.

Der Periodengang zeigt Temperaturschwankungen zwischen 20 und 23°C und Feuchteschwankungen zwischen 7 und 17 Torr Wasserdampfdruck. VP1 zeigt eine angedeutet negative Korrelation zum RWG, VP2 zeigt keine Beziehung zu RWG und RTT, während VP3 negativ mit beiden korreliert. Wie im Tagesgang ist die Tendenz der AFR

zur negativen Korrelation mit den Wetterelementen deutlich. Hier muß noch einmal betont werden, daß im Tagesgang Feuchte und Temperatur meist divergieren, während sie im Periodengang parallel verlaufen. Betrachtet man in diesem Zusammenhang die AFR-Kurven von VP3, so sieht man, daß im Tages- wie im Periodengang die Feuchte- mit den AFR-Kurven korrelieren. Die Temperaturkurve läßt nur im Periodengang eine Beziehung zur Atemfrequenz erkennen! Man könnte deshalb für VP3 den gewagten Schluß ziehen, daß das bestimmende biotrope Element in jedem Fall die Raumfeuchte ist; die Temperaturkurve wäre im Periodengang dann also nur als "Mitläufer" zu betrachten. Diese Vermutung kann für VP1 bedingt, für VP2 gar nicht ausgesprochen werden. Eine ausreichend befriedigende Erklärung für das Verhalten der Wetterelemente zur Atemfrequenz fehlt. Man müßte die in diesem Versuch erhobenen Befunde durch weitere Untersuchungen erhärten.

Pulsfrequenz (TPL, PF):

Der Kurvenverlauf der Pulsfrequenz (PF) zeigt physiologische Niveauunterschiede. Dabei ist ein typischer Tagesgang erhalten, dessen Amplitude im Vergleich zu der des Periodengangs stark überwiegt. Mit Hilfe der Varianzanalyse kann dies leicht bestätigt werden ($M(T) > T$).

Der charakteristische Tagesgang der PF ist vor allem beim mittleren Tagesverlauf zu sehen: Hohe Pulsfrequenzen bei sämtlichen VPs am Morgen, Absinken bis Mittag, "Spike" um 15.00 Uhr und Gipfel um 19.00 Uhr. Die bis Mittag absinkende PF erstaunt nicht, doch erwartet man, daß die PF nach dem Essen gegen 12.30 Uhr ansteigt. Man kann diese Tatsache auch nicht so erklären, daß die PF nach dem Essen bei der Messung um 13.00 Uhr noch nicht angestiegen und um 15.00 Uhr noch nicht wieder abgeklungen ist. In dieser Zeitspanne sind keine Versuche durchgeführt worden, die die PF etwa hätten hochtreiben können. Die Erklärung für den "Spike" um 15.00 Uhr kann nicht gegeben werden, so offensichtlich es ist, daß er nicht zufällig ist, da ihn sämtliche VPs zeigen.

Während der gesamten Versuchsperiode steigt die PF an. Die Ursachen können vielfältig sein. Zum Beispiel kann der Trainingszustand der VPs mit der Versuchsdauer abnehmen. Möglicherweise sorgt der Organismus für eine kontinuierliche Durchblutung der Organe nicht mehr so sehr durch das Schlagvolumen, sondern durch kompensatorische Erhöhung der PF. Man kann aber auch die Ursache der Pulsfrequenzänderung in der zunehmenden Nervosität und Labilität der VPs suchen.

Wie bringt man nun das Auf und Ab der PF in einen Zusammenhang mit RWG und RTT? Im Tagesgang überschneiden sich RWG- und RTT-Kurven. Da sich die Ist-Werte häufig beträchtlich von den Soll-Werten unterscheiden, zeigen die Klimaelemente kongruenten Verlauf (z.B. 4/8 und 5/8), d.h. Raumfeuchte- und Raumtemperaturschwankungen sind ähnlich wie im Periodengang gleichsinnig. Am deutlichsten ist die negative Korrelation der RTT-Kurve mit der Pulskurve bei VP1, die aber auch bei VP2/3 vorhanden ist. Weshalb aber die PF bei steigender Raumfeuchte abnimmt, ist nicht eindeutig zu beantworten. Würde eine positive Korrelation vorliegen, so käme man mit KRAUTSCHIK und TROMP, die im Experiment bei 29°C einen höheren Puls feststellten als bei 24°C (entspricht nicht unseren Versuchsbedingungen), zu einem übereinstimmenden Ergebnis.

Wenn keine Korrelation vorliegen würde, könnte man sagen, daß die Versuchspersonen in einem Temperaturindifferenzbereich keine Reaktion erkennen lassen (unsere Temperaturbereiche: 20 bis maximal 24°C). Erstaunlich ist aber die negative Korrelation, die sämtliche VPs zeigen. Man kann eventuell an eine ausgeprägte vegetative Aktivität denken, die durch die geringen gegenläufigen Temperaturänderungen nicht aus ihrem eingefahrenen Rhythmus gebracht werden kann. Eine Erklärung, die den Kausalitätsgedanken mitberücksichtigt, kann nicht gegeben werden.

Da RWG- und RTT-Kurven sich im Tagesgang gegenläufig verhalten, könnte man jetzt eine positive Korrelation zwischen Raumfeuchteschwankung und Puls erwarten. Insgesamt ist es aber keine strenge

Gegenläufigkeit (Kurven des mittleren Tagesganges:Kapitel D I.). Am Vormittag laufen sie nahezu parallel, am Nachmittag divergieren sie. Bei den durchschnittlichen Feuchteamplituden/Tag von etwa 1 Torr Wasserdampfdruck scheint sich keine Korrelation zwischen Puls und RWG zu ergeben.

Im Periodengang zeigt VP1 deutliche Korrelation zu RWG und RTT, während bei VP2/3 die Korrelation nicht signifikant ist. Welches von beiden Wetterelementen hier (wenn überhaupt) biotrope Wirkung entfaltet, ist infolge der gleichverlaufenden RTT- und RWG-Kurven schwer zu sagen. Man würde eher der RTT die dominierende biotrope Wirkung einräumen, da zumindest für VP1 auch im Tagesgang eine deutliche Korrelation zur RTT vorliegt. Zu klären, ob der umgekehrte Verlauf der Wetterelementskurve mit der PF nicht etwa Zufall ist, bleibt weiteren Versuchen überlassen.

Eine Phasenverschiebung, d.h. ein zeitliches Nachhinken des Pulses nach Klimaänderungen, ist nicht zu sehen; die PF reagiert sofort oder gar nicht.

Blutdruck (Tagesprofil systolischer RR = TPS;
Tagesprofil diastolischer RR = TPD):

Nach LANDOIS-ROSEMANN beträgt der Blutdruck-Normalwert in Ruhe beim Mann systolisch 120, diastolisch 80 mmHg. Dabei liegen Tagesschwankungen in einem Bereich von 10-20 mmHg. Vergleicht man den mittleren Tagesgang der Einzelpersonen damit, so ergibt sich eine durchschnittliche RR-Amplitude (= TPS-TPD) von 40 mmHg und Tagesschwankungen in einem Bereich von maximal 15 mmHg. Diese konstante Amplitude zeigt, daß die Versuche tatsächlich in Ruhe durchgeführt wurden und nicht Störgrößen irgendwelcher Art, wie z.B. starker psychischer Stress, wesentlich die Ruhewerte verändert haben.

Natürlich unterscheiden sich die VPs zum Teil erheblich in ihren individuellen Ruhewerten, doch das ist in unserem Versuch nicht so wichtig, in dem es mehr auf die Änderung der Meßgrössen bei Einwirkung irgendwelcher Faktoren ankommt.

Wie bei der Puls- und Atemfrequenz, überwiegt auch bei der Blutdruckmessung die Amplitude des Tagesgangs über die des Periodengangs.

Die diastolischen Blutdruckwerte zeigen bei allen VPs einen nahezu typischen Tagesgang mit hohen 7.00 Uhr-Werten, denen eine Talsohle folgt, Indifferenz über Mittag und deutlicher Anstieg gegen Abend.

Der Tagesgang des systolischen Blutdrucks zeigt kein einheitliches Bild. Um 9.00 Uhr zeigen VP1/2 häufig einen deutlichen "Spike", d.h. die RR-Amplitude steigt um 9.00 Uhr auf Werte bis 50 mmHg bei VP2, während dies bei VP1 nicht so stark ausgeprägt ist; VP3 zeigt, genauso wie bei den diastolischen RR-Werten, um 9.00 Uhr einen Abfall der systolischen Werte. Im Laufe des Tages pendelt sich die Blutdruckamplitude wieder auf Durchschnittswerte von 40 mmHg ein (bei RR-Schwankungen reagieren systolische und diastolische Ruhewerte gleichsinnig, d.h. sie korrelieren streng untereinander, wie auch aus den Tabellen hervorgeht). Wie bei jedem Tagesprofil muß man sich fragen, was durch endogenen, vegetativen oder hormonellen Rhythmus oder etwa durch biotrope Elemente wie RWG und RTT bedingt ist.

Nach REICHEL-BLEICHERT ist die Körpertemperatur, die Lungenventilation und auch der Blutdruck einem Tagesrhythmus unterworfen; das Minimum liegt zwischen 4.00 und 6.00 Uhr morgens (zu dieser Zeit liegen keine Meßwerte vor) und einem Maximum am Spätnachmittag. Durchschnittlich nimmt der Blutdruck in unseren Tagesprofilmessungen gegen Abend zu (die Amplitude erreicht allerdings nicht mehr den Wert, den sie gegen 9.00 Uhr aufweist, das gilt vor allem für VP1/2).

Im Tagesgang sind Beziehungen der RTT und des RWG zum Blutdruck zu erkennen. Mit sinkender RTT steigen bei VP1/3 die diastolischen RR-Werte; diese steigen bei VP2 mit sinkender Feuchte. Die qualitative Betrachtung läßt diese Korrelationen nur angedeutet erkennen. Insgesamt scheint der diastolische Kurvenverlauf von VP1/3 mehr an der Temperaturkurve orientiert zu sein, während es bei VP2 mehr der Feuchteverlauf ist.

Diese Tatsache scheint im Widerspruch zu der obigen Behauptung zu stehen, daß die Kurven des diastolischen Blutdrucks sich ähnelten; jetzt wird erklärt, daß bei divergierendem Tagesgang der Klimaelemente bei VP2 die Feuchte- und bei VP1/3 die Temperaturkurve negativ korrelierten. Die mittlere Tagesgangkurve zeigt einen Idealverlauf. Wie im Kapitel Bioklimaraum beschrieben, laufen häufig auch im Tagesgang Feuchte- und Temperaturkurven parallel. Dies erklärt wohl den scheinbaren Widerspruch in den physiologischen Reaktionen der VPs.

Ähnlich sieht es für die Korrelationen des systolischen RR im Tagesgang aus. VP1korreliert mit der RTT, VP2 korreliert mit RTT und RWG, VP3 verhält sich indifferent. Die Kurve von VP3 läßt sich zumindest am Vormittag am wenigsten in ein gemeinsames Reaktionsschema einordnen. Auch eine fehlende Korrelation kann eine Aussage bedeuten. Während VP1/2 im diastolischen wie im systolischen Blutdruckkurvenverlauf immer eine Beziehung (und vielleicht Beeinflußbarkeit) durch Klimaelemente zeigen, findet man bei VP3 systolisch im Tagesgang keine Reaktion. Vielleicht ist es der häufig auftretende hohe systolische Blutdruckwert um 7.00 Uhr oder der fehlende "Spike" um 9.00 Uhr, der diese fehlende Korrelation bedingt. Das Wesentliche daran ist, daß es innerhalb unserer Feuchte- und Temperaturschwankungen Personen wie VP3 gibt, bei denen die autonome Regulation des systolischen Blutdrucks nicht meßbar beeinflußt wird und solche wie VP1, die durch ihren charakteristischen Kurvenverlauf eine Reaktion auf geringfügige Änderungen der biotropen Elemente zu zeigen scheinen. Es fehlt nicht an Literatur, in der die Beziehung Temperatur/Blutdruck untersucht wurde. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß die Versuche meist bei größeren Schwankungen biotroper Elemente durchgeführt wurden. Es sei dabei auf die Experimente von TROMP, TRAKS und KRAUTSCHIK hingewiesen (Kapitel B. II), die bei steigenden Temperaturen einen Blutdruckabfall feststellen konnten. Zu ähnlichen Ergebnissen sind wir in unseren Versuchen auch gekommen. Welchen Einfluß die Raumfeuchte auf den Blutdruck hat, wurde bisher nicht systematisch untersucht. Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, daß die Raumfeuchte einen ähnli-

chen Einfluß auf den Blutdruck haben könnte wie die Temperatur (zumindest korrelieren die entsprechenden Variablen zum Teil negativ untereinander).

Im Periodengang zeigt nur VP1 im diastolischen wie im systolischen Blutdruckkurvenverlauf eine negative Korrelation mit der RTT. Möglicherweise wird der Blutdruck von VP1 durch die Raumtemperatur beeinflußt.

Daß VP2/3 keinerlei Korrelation mit der RTT zeigen, ist ein Hinweis dafür, daß unter Ruhebedingungen während periodischer Temperaturänderungen mancher Kreislauf keine erkennbare Reaktion zeigt. Die Raumfeuchte-Blutdruckkorrelation ist im Periodengang wenig ausgeprägt, bei der qualitativen Auswertung ist bei keiner VP eine Beziehung erkennbar, bei der statistischen Auswertung liegen die Korrelationen nach der Trendbereinigung unterhalb der Signifikanzschranken. Die Beziehung Raumfeuchte-Blutdruck ist also wenig ergiebig, doch ist bei größerer Feuchteeinwirkung mit Sicherheit eine Korrelation nachweisbar (die man jetzt nur vermuten kann).

Eine Phasenverschiebung der Klimakurven mit RR-Kurven ist nicht zu ersehen. Man kann kein Nachhinken des RR hinter Klimaelementen sehen. Die VPs reagieren entweder sofort (VP1) oder gar nicht (VP2/3).

TPD zeigt bei keiner VP einen Trend. Das Niveau des diastolischen Blutdrucks bleibt also über die gesamte Versuchsperiode konstant. Anders ist es beim systolischen Blutdruck. Hier zeigen VP1/2 einen deutlichen RR-Anstieg, während VP3 sich indifferent verhält; oder mit anderen Worten, bei VP1/2 vergrößert sich die RR-Amplitude im Laufe der Zeit, während sie bei VP3 gleich bleibt. Bei den ersten beiden VPs scheint im Laufe des Versuchs eine sympathikotone Reaktionslage vorzuherrschen, vielleicht im Rahmen eines "Versuchsstress", Klaustrophobie oder "vegetativer Dysharmonie". Letzteres ist ohne Zweifel in Betracht zu ziehen; VP3 scheint von sämtlichen VPs die vegetativ stabilste zu sein.

Wird der Organismus z.B. durch Wetterelemente beeinflußt, so stehen ihm zahlreiche Kompensationsmechanismen zur Verfügung. Ihr Einsatz hängt von der individuellen Disposition und dem Trainingszustand des Körpers ab (z.B. Wechselspiel Schlagvolumen - Pulsfrequenz). Man kann zwar ein für alle Menschen in der Anlage gleichartiges Reaktionsschema aufstellen, doch zu erwarten, daß alle Versuchspersonen stereotyp gleichartig auf Reize antworten, wäre unrealistisch. Deshalb erstaunt es umso mehr, wie einheitlich die VPs auf Temperatur- und Feuchtereize zu reagieren scheinen. Anhand der Korrelationstabelle ist zu sehen, daß häufig zwei oder drei VPs oder keine (auch das ist eine einheitliche Reaktion) mit RWG und RTT korrelieren.

Das folgende Schema der Blutdruck-, Puls- und Atemfrequenzregelung soll einen Uberblick vermitteln, wie verzahnt man sich die Reaktionsmechanismen im Körper vorstellt, als deren Reaktionseffekt wir die Indikatoren Blutdruck, Puls und Atemfrequenz messen.

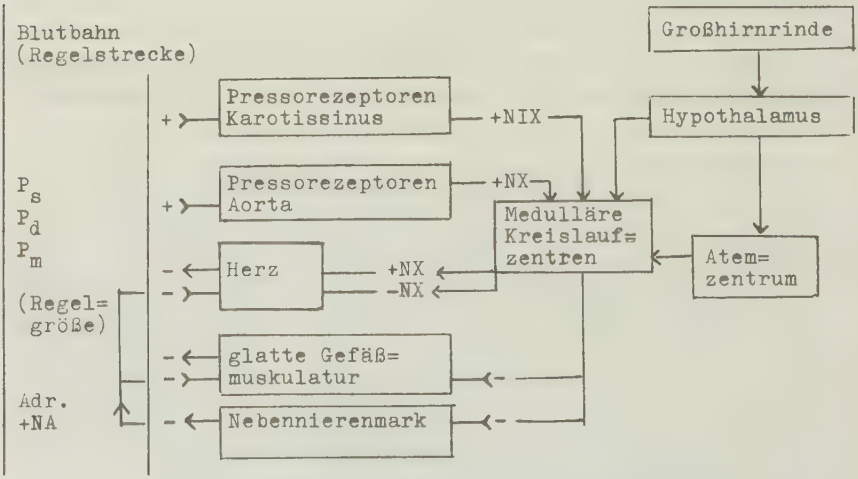


Abb. 7: Blockschema der Blutdruck-, Puls- und Atemfrequenzregelung nach KEIDEL (Erklärung siehe Text)

Die Pfeile geben die Richtung des Signalflusses bzw. die mechanischen Wirkungen an. Die Zeichen + und - bedeuten Zu- und Abnahme der Impulsfrequenz, der mechanischen Wirkung bzw. der Hormonmenge unter der Voraussetzung, daß es sich bei der auszugleichenden Störung um einen depressorischen Effekt bei zu hoch angestiegenem arteriellen Blutdruck handelt. Die direkten und über den Hypothalamus laufenden Verbindungen vom Großhirn zur Medulla deuten die psychischen Einflüsse auf Herztätigkeit und Vasomotorik an, die als bedingte Reaktionen oder in Begleitung seelischer Einflüsse auftreten können.

Dabei fällt die strenge Regelung von Puls und Blutdruck auf, während die AFR mehr oder weniger nebenher läuft. Nach REIN-SCHNEIDER bestehen die allgemeinen Mechanismen in einer Angleichung der alveolären Ventilation an das Herzminutenvolumen (HMV). Die Verknüpfung geschieht vorwiegend zentral durch "Mitinnervation" sowohl des Kreislaufs wie der Atemzentren, unterstützt durch die Verbindung beider Zentren.

Die Verknüpfung von Atmung und Kreislauf ist jedoch keineswegs zwangsläufig: Zum Beispiel werden bei Erhöhung des CO_2-Gehalts der Einatmungsluft sowohl Atmung, wie Herz und Kreislauf über die Chemorezeptoren angetrieben. Dieser Antrieb erweist sich jedoch als wesentlich stärker für die Atmung: Die Erhöhung des HMV bleibt zurück, da im Gegensatz zur Muskelarbeit der Herzantrieb durch zentrale Mitinnervation fehlt.

Die Atemfrequenzregelung steht im Rahmen der Kreislaufregulation etwas außerhalb, d.h. sie kann sowohl willkürlich als auch unwillkürlich stark beeinflußt werden, wie jeder an sich selbst beobachten kann. Die übrigen Kreislaufgrößen sind nach WAGNER einer strengen vegetativen Kontrolle unterworfen. Dabei besteht die Hauptaufgabe der Kreislaufregulation darin, den Blutdruck so einzustellen, daß eine ausreichende Organdurchblutung gewährleistet wird. Die Mechanismen liegen in einer Veränderung der Herzarbeit, der Gefäßweite in der Peripherie und einer Änderung des Blutgehalts der "Depots" Leber, Lunge, Milz u.a.

Das Minutenvolumen wird bei der Arbeit sowohl durch Erhöhung der Frequenz wie des Schlagvolumens aufgebracht, jedoch unter Bevorzugung der Frequenz.

Den in unseren Versuchen gemessenen Größen TPA, TPL, TPS/D stehen unbekannte Regulationsmechanismen wie Schlagvolumen, Vasomotorik, sich ändernder Blutgehalt der "Depots", hormonale Schwankungen wie rhythmische Cortisol- und Adrenalinausschüttung gegenüber. Es sind also eine Menge unbekannte Variable im Spiel, die mitberücksichtigt werden müßten, aber nicht können, da die entsprechenden Messungen fehlen. Man kann auch nicht aus den bekannten Regulationsmechanismen prinzipiell auf das Verhalten der unbekannten Größen schließen, da die Reaktion der VPs sich in den seltensten Fällen in ein allgemeines, geläufiges Reaktionsschema pressen läßt (über das oben ein Überblick gegeben wurde). Die Versuchspersonen zeigen starke individuelle nicht schematisierbare physiologische Reaktionen; bei einigen oben besprochenen Korrelationen sind die Ergebnisse (z.B. AFR) diametral entgegengesetzt zu den Erklärungen, die man aus den gängigen physiologischen Kenntnissen ableiten kann. Man muß also häufig auf der Stufe des Beschreibens stehenbleiben, da eine Erklärung für bestimmte Abläufe auch auf Umwegen häufig nicht gegeben werden kann.

Bei den Tagesprofilen der Meßgrößen besteht noch die Möglichkeit, daß die Wetterelemente den Tagesrhythmus der Meßgrößen in irgendeiner Richtung ändern. Nach ASCHOFF beeinflussen "Zeitgeber" vor allem Licht- und Dunkelwechsel, aber auch meteorologische Größen, den Tagesrhythmus biologischer Abläufe. Bei Tieren ist es ASCHOFF gelungen, durch Umkehrung der Zeitgeber eine Inversion der biologischen Rhythmen hervorzurufen. Der Mensch reagiert gegenüber physikalisch-chemischen Umweltskräften nicht grundsätzlich anders als das Tier. Allerdings ist beim Menschen eine Umkehr der Zeitgeber schwierig, da z.B. bereits die Kenntnis der wahren Tageszeit (wie in unserem Versuch) genügt, um eine Inversion zu erschweren.

Im vorliegenden Tagesprofil läßt sich kein Anhalt für eine Änderung des Tagesrhythmus, geschweige denn eine Inversion gewinnen. Die Tagesminima und -maxima (wenn auch an den einzelnen Tagen starken Schwankungen unterworfen) zeigen keine erkennbare Verschiebung im Laufe der Versuchsperiode.

II. Ergometrie

Wie im Tagesprofil werden bei der Ergometrie Kreislaufgrößen als mögliche Indikatoren von Wettereinflüssen auf den Organismus herangezogen. Dabei werden Puls und Blutdruck vor und nach Belastung gemessen. Nach 1 Minute Leistung von 300 Watt wurden in bestimmten Abständen Puls und Blutdruck als Erholungswerte bestimmt. Eine Vorstellung von der körperlichen Leistung vermittelt der Begriff des "Physischen Arbeitsvermögens", der diejenige Leistung bezeichnet, welche bei einer Pulsfrequenz von 170/min. in einem relativen "steady state" in Bezug auf Pulsfre uenz und Atmung absolviert wird. Nach SIEGENTHALER liegt es für den Leistungssportler mit 330 Watt weit über dem Durchschnitt. Wenn auch unsere Versuchsbedingungen den oben genannten Kriterien nicht standhalten, so vermittelt dieser Vergleich doch den Eindruck, daß die Versuchspersonen nahezu an die Grenze ihrer Dauerleistungsfähigkeit herangeführt wurden.

An dieser Stelle soll noch einmal betont werden, daß die Ruhewerte (z.B. EP1) den wirklichen Gang der physiologischen Grössen anzeigen. Erstens sind die Erholungswerte (z.B. EP2/3) eine Zusammenfassung mehrerer Abklinggrößen; zweitens ist nicht der Verlauf der Kurven wesentlich, sondern die Differenz zwischen Ruhe- und Erholungswerten (vgl. Kapitel C. I, IV: Material und Methodik).

Aus dem Kurvenverlauf ist nicht ohne weiteres zu ersehen, ob Tages- oder Periodengang die größeren Schwankungen aufweisen. Die Varianzanalyse zeigt, daß nicht, wie im Tagesprofil, der Tagesgang dominiert. Die Kreislaufgrößen variieren individuell sehr,

so daß ziemlich willkürlich einmal der Tagesgang, dann wieder der Periodengang überwiegt (Tabelle 15). Offenbar läßt sich die Reaktion des Organismus unter Belastung nicht in ein allgemein gültiges Schema zwängen.

Die qualitative Auswertung der Ergebnisse läßt keinen Tagesgang der Variablen erkennen. Der quantitative Vergleich der Vor- und Nachmittagswerte zeigt deutlich, daß bei sämtlichen Meßgrößen (außer bei VP2: EP2/3/S) die Nachmittagswerte entweder gleich oder höher als die Vormittagswerte sind (vgl.Kapitel D. II Anhang). Es liegt also ein ziemlich einheitlicher Tagesgang vor, dessen Ursache vegetative, hormonelle oder andere Rhythmen sein können; jedenfalls zeigt die bei allen Versuchspersonen nahezu gleichartige Schwankung physiologischer Größen, daß es sich um einen eingefahrenen Rhythmus handeln muß, über dessen Ursache letztlich keine Aussage gemacht werden kann. Man kann lediglich sagen, daß am Nachmittag aus irgendeinem Grund eine Sollwertverstellung nach oben stattfindet: Die Ruhewerte liegen etwas höher, die Erholungskurven ebenfalls. Man könnte dies zum Beispiel mit der um diese Zeit verstärkten Adrenalinausschüttung erklären: 1. Adrenalin --- bewirkt Vasokonstriktion --- RR-Anstieg 2.Vasokonstriktion --- verminderte Durchblutung lebenswichtiger Organe --- Pulsfrequenzbeschleunigung. Die Variablen von VP2 lassen sich allerdings nicht in dieses Schema einordnen: EP2/3 sind am Nachmittag kleiner. Möglicherweise schafft es der Organismus von VP2 noch, den Ruhesollwert bei EP1 nach oben zu verstellen, ist dann aber nicht mehr in der Lage, die PF bei bzw. nach der Arbeit gleichermaßen auf ein höheres Soll-Niveau zu heben. Daraus würde sich für VP2 eine erhebliche Sauerstoffschuld ergeben (die natürlich bei den anderen Versuchspersonen durch die körperliche Belastung auch besteht). Die Möglichkeit, daß VP2 den PF-Abfall am Nachmittag anderweitig kompensiert, ist natürlich nicht ausgeschlossen.

Für die Praxis ist die Kenntnis wichtig, daß ein Tagesrhythmus vorliegt. Wenn bereits gesunde Versuchspersonen Tagesschwankungen bei Belastungen aufweisen, so liegt der Schluß nahe, daß

kranke, vor allem kreislaufkranke Personen, deren Vegetativum erheblich aus dem Gleichgewicht geraten ist, bei Anstrengungen eine starke körperliche Reaktionsbereitschaft zeigen. Man sollte also bei vergleichenden klinischen Belastungstests dieselben zur gleichen Tageszeit durchführen, um durch den Tagesrhythmus bedingte Fehlerquellen auf ein Minimum zu beschränken.

Im Periodengang zeigt lediglich VP2 bei EP1 eine schwach positive Korrelation zum Raumtemperaturverlauf. Diese Korrelationstendenz steht im Gegensatz zu den Ergebnissen im Tagesprofil. Dort neigen die Variablen dazu, negativ mit den Wetterelementen zu korrelieren. Für die positive Beziehung des Pulses in der Ergometrie läßt sich leichter eine Erklärung finden als für die entgegengesetzte im Tagesprofil. Bei erhöhter Raumtemperatur ist der Organismus stärker belastet, da er mehr Flüssigkeit an die Peripherie (Haut, Lunge, Schleimhäute usw.) transportieren muß, um den Körper zu entwärmen. Die Pulsfrequenzerhöhung erscheint deshalb sinnvoll, doch dürfte noch die Erwartungsreaktion des Organismus eine Rolle spielen. Nach WAGNER bringt der "Erwartungsblutdruck und -puls" die Umstellungsbereitschaft des Organismus zum Ausdruck und markiert den Start zu einer Kreislaufmehrbelastung. Nun tritt die Erwartungsreaktion jedesmal vor Arbeitsbeginn auf. Das Vegetativum ist angespannt; dabei kann man nicht ohne weiteres sagen, inwieweit in dieser Situation die Wirkung der Raumtemperatur auf den Organismus eine Rolle spielt oder ob die Erwartungsreaktion ausschliesslich für die Erhöhung des Ruhepulses ausschlaggebend ist.

Im Kurvenverlauf zeigt VP1 den höchsten Ruhepuls, während VP2/3 zusammen auf niedrigerem Niveau liegen. Bei den Erholungspulsen EP2/3 hat VP1 scheinbar den niedrigsten Erholungspuls; VP2/3 scheinen auf höherem Niveau zu liegen. Die Niveaudifferenzen kommen dadurch zustande, daß nach 1min. Belastung die Spitzenpulse in etwa gleich sind, die Abklingkurve aber verschieden steil verläuft. Da in EP2/3 verschiedene Punkte auf der Erholungskurve zusammengefaßt sind, ergibt sich zum Beispiel für VP1 eine schnellere Abnahme der Pulsfrequenz als bei VP2/3.

Der Puls nach Belastung EP2 zeigt eine negative Korrelation zum Raumwassergehalt für VP1/2 und zur Raumtemperatur für VP2. Dies kann bedeuten, daß einmal der Ausgangspuls erhöht ist oder die Belastungsfrequenz auf einen niedrigeren Sollwert eingestellt ist. Anhand des Kurvenmaterials ist zu ersehen, daß beides zutrifft. Mann kann diese Tatsache auf zweierlei Art deuten: 1. Der Körper hat durch die erhöhte "Ruhe"-Pulsfrequenz "Vorschußarbeit" geleistet, so daß der Puls zur Aufrechterhaltung des arteriellen Mitteldrucks nicht mehr so stark bei Belastung ansteigen muß. 2. Der Organismus regelt die obere Sollwertgrenze für die Pulsfrequenz niedriger. Relativ niedrige Pulsfrequenz bei gleicher Belastung bedeutet geringere Versorgung lebenswichtiger Organe mit Blut; es sei denn, dem Organismus stehen andere Mechanismen (z.B. Schlagvolumenerhöhung) gleichermaßen einsatzbereit zur Verfügung.

Bei EP2 zeigt VP3 einen ziemlich gleichförmigen Kurvenverlauf im Gegensatz zu VP1/2, die unter der körperlichen Belastung typische Täler und Höhen bilden, welche auch mit Wetterelementen in Beziehung stehen. VP2 korreliert negativ mit RWG und RTT, VP1 mit RWG und VP3 zeigt keine Korrelation zu Klimaelementen. Deshalb ist es erstaunlich, daß VP3 in einem Stadium der Beruhigung der vegetativen Funktionen bei EP3 eine positive Korrelation zur RTT zeigt. Dies zeigt doch, daß das stabile Vegetativum von VP3 in dieser Phase durch den Versuchsstress beeinflußt wird. Bei relativ hoher Raumtemperatur scheint sich die Puls-Abklingkurve nicht mehr so schnell ihren ursprünglichen Werten zu nähern, sondern folgt in ihrem Verlauf der RTT-Kurve. Eine gängige Erklärung dafür wäre, daß durch die erhöhte Pulsfrequenz genug Flüssigkeit an die Körperperipherie transportiert wird, um die nötige Abkühlung des Organismus zu bewirken. Warum zeigen dann die übrigen Versuchspersonen keine Reaktion auf Raumtemperaturänderung? Eine Frage, die prinzipiell bei jeder fehlenden Korrelation (bzw. nicht nachweisbaren Korrelation) zu stellen wäre. In unserem Beispiel könnte die Körperentwärmung auch durch eine beschleunigte und vertiefte Atmung bewirkt werden (die

Atemtiefe wurde von uns nicht gemessen), so daß bei VP1/2 EP3 nicht als Indikator irgendwelcher im Organismus ablaufender Regulationsmechanismen dient.

Wie bei jeder anderen Variablen, so ist auch bei EP2 nachzuweisen, daß jede Versuchsperson individuell auf Reize reagiert. Läßt man andere Kompensationsmechanismen auf einen Reiz einmal außer Acht, so hat man den Eindruck, daß VP1/2 entweder eine durch Erwartungsreaktion oder Sollwertverstellung (evtl. durch Wettereinflüsse?) bedingte geringere Pulsfrequenzanpassungsbreite zu besitzen scheinen. Die Pulsfrequenz von VP3 bleibt in dieser Phase dagegen unbeeinflußt. Erst im weiteren Verlauf der PF-Abklingkurve EP3 macht sich die Beeinflußbarkeit des Vegetativums bei VP3 bemerkbar, so daß die RTT jetzt einen Angriffspunkt findet.

Die Pulssumme, die errechnet wurde, brachte keine wesentlichen Ergebnisse. Bemerkenswert ist, daß die Pulssumme von VP1, die den höchsten Ruhepuls zeigt, weit unter den Pulssummen der übrigen VPs liegt. Dies bedeutet, daß der exponentielle Abfall der PF bei VP1 groß ist, während die Abklingkurve bei VP2/3 nahezu gleich (gering) ist.

Während der Versuchsperiode weisen einige Variable einen beträchtlichen Trend auf. Interessant ist vor allem der Ruhepuls, der bei VP1 abnimmt und bei VP2 ansteigt. VP3 läßt keinen Pulsfrequenztrend erkennen. Dies ist wiederum ein Hinweis darauf, daß nahezu jede Versuchsperson auf Wettereinflüsse anders und verschieden stark reagiert. Man kann viele Ursachen für das Verhalten der Versuchspersonen verantwortlich machen, wie die individuelle Änderung des vegetativen Tonus in verschiedene Richtung des Trainingszustands, des Hormonspiegels und das Auftreten einer Klaustrophobie. VP1 zeigt bei EP2/3 eine Zunahme der PF, d.h. die Differenz zwischen EP1 und EP2/3 wird größer; die eine Ursache liegt in der Abnahme von EP1, die zweite Ursache kann darin liegen, daß die PF-Abklingkurve bei VP1 im Laufe der Zeit flacher verläuft. Möglicherweise spielt das geringe

körperliche Training eine Rolle. Die übrigen VPs lassen bei EP2 keinen Trend erkennen. Bei EP3 zeigt VP2 den umgekehrten Trend wie VP1. Vielleicht bedeutet für VP2 der tägliche Ergometerversuch ein körperliches Training, das sich auf die Dauer in einer schnelleren Abnahme der PF nach Belastung äußert. Ein anderer Mechanismus, wie kompensatorisch erhöhtes Schlagvolumen, könnte dann das PF-Defizit übernehmen. VP3 läßt keinen Trend erkennen. Wie man sieht, kann man die Reaktion des Organismus nicht schematisieren. Auch bei der Pulssumme zeigt jede Versuchsperson eine individuelle Reaktion. Bei sämtlichen Pulsfrequenzwerten ist es auffallend, daß VP3 niemals einen Trend erkennen läßt.

Das Niveau des systolischen Ruheblutdrucks ES1 ist bei allen Versuchspersonen nahezu gleich; es zeigt keine starken Schwankungen.

Die Beziehung der Variablen ES1 zu RWG und RTT ist bei keiner Versuchsperson signifikant. Dies ist im Vergleich zum Tagesprofil interessant, da in dieser Situation der Entspannung offenbar Einflüsse von Wetterelementen auf den Organismus wirksam werden können. Das sieht man an den, wenn auch schwach ausgeprägten Korrelationen. Kurz vor Beginn der Arbeit scheint die "WAGNER'sche Erwartungsreaktion" sämtliche Einflüsse von außen irrelevant zu machen. Die Konzentration auf die bevorstehende Anstrengung scheint den vegetativen Tonus derart zu beeinflussen, daß so schwache Klimaschwankungen,wie im vorliegenden Versuch,(wenn überhaupt) keine signifikanten Reaktionen bewirken können.

Der gleichförmige Verlauf des systolischen Ruheblutdrucks ändert sich nach Belastung sehr. Die Niveauunterschiede bei ES2 sind größer, doch eine signifikante Korrelation läßt sich nur für VP3 nachweisen. VP3 tanzt mit seinen Reaktionen ganz erheblich aus der Reihe. In der Ergometrie fällt es geradezu auf, daß VP3 immer dann seine, wenn auch spärlichen Korrelationen aufweist, wenn bei den übrigen Versuchspersonen keine Beziehung zu

Wetterelementen nachweisbar ist. Das Verhalten von VP3 bedeutet übersetzt, daß bei relativ trockener und kühler Umgebung ES2 einen höheren Wert annimmt; die Abklingkurve (bzw. der Erholungsabschnitt) ES2 ist bei VP3 dann ziemlich flach. Bei dem obengenannten Klimacharakter scheint der Organismus den systolischen Blutdruck ES2 längere Zeit auf höhere Werte einzuregeln. Sicher ist die Höhe des systolischen Blutdrucks ein Indikator für die Versorgung des Organismus mit Blut. Will man mit aller Vorsicht die Kausalität der Beziehungen mit ins Spiel bringen, so muß man irgendeinen Mechanismus postulieren, der bei niedriger RTT und RWG ES2 bilanzmäßig relativ groß bleiben läßt. Man kann jetzt wieder sämtliche Mechanismen anführen, die der Organismus zur Variation des systolischen Blutdrucks einsetzen kann wie zum Beispiel Änderung des Schlagvolumens, des Gefäßtonus, Verschiebung von Blut aus bzw. in die Depots Leber, Lunge, Milz und psychogene Blutdruckänderung. Da man über diese Vorgänge im Organismus fast nichts aussagen kann, steht jede Kausalitätsbetrachtung auf schwachen Füßen. Im vorliegenden Fall könnte es bei kühler und trockener Witterung möglich sein, daß der Gefäßtonus in der Peripherie bei VP3 sich erhöht, so daß ein durchschnittlich erhöhter Erholungsblutdruck resultiert. Offen bleibt, warum der Organismus von VP3 über den systolischen Blutdruck regelt; vielleicht hat sich die Reizschwelle des Vegetativums nach der Ergometerbelastung geändert; möglicherweise können an diesem "labilen" Vegetativum biotrope Faktoren leichter angreifen, so daß ein echter Eingriff von RWG und RTT in die Regelung des systolischen Blutdrucks erfolgt.

Der Kurvenverlauf von ES3 ist prinzipiell derselbe wie von ES2. Es läßt sich bei keiner VP eine Korrelation mit Wetterelementen nachweisen. Die Kurven verlaufen nivellierter als bei ES2. Dies ist sicher mit ein Grund, weshalb VP3 keine Beziehung mehr zu biotropen Elementen aufweist (bei VP1/2 käme eine Korrelation jetzt unerwartet, doch vgl. VP3 bei EP3). Im Stadium ES3 ist der Körper nicht mehr so sehr belastet wie kurz nach Arbeitsende. Das Vegetativum könnte zu dieser Zeit seine Stabi-

lität wieder gewonnen haben, so daß äußere Reize irgendwelcher Art keinen Einfluß mehr auf den Organismus gewinnen können; deshalb könnte auch keine Korrelation mehr mit biotropen Faktoren vorliegen.

Die systolischen Verlaufskurven weisen einen Trend auf. VP2 zeigt bei den Ruhewerten eine deutlich ansteigende Kurve; die Werte von VP1/3 haben während der gesamten Versuchsperiode nahezu dasselbe Niveau. Im Tagesprofil steigen auch die Ruhewerte von VP1 an. VP3 scheint von dieser langsamen Umstellung des Vegetativums nicht betroffen zu sein. Den ansteigenden Ruhewert kann man auf äußere Umstände wie zunehmenden Versuchsstress, Klaustrophobie und die damit verbundene Auswirkung auf das Vegetativum zurückführen. Vielleicht spielen bei VP2 (eigene Beobachtung) bei dem kontinuierlichen Blutdruckanstieg ein sich mit der Zeit vergrößernder Ärger oder Furcht vor der bevorstehenden Anstrengung eine Rolle mit. Lustgefühle sind nach WAGNER mit einem Sinken des Blutdrucks, Unlustgefühle sind mit einer Steigerung des Blutdrucks verbunden.

Während der Erholungsphase ES2 ist VP3 die einzige Versuchsperson, die einen Trend aufweist. Man könnte auf die Idee kommen, daß dieser Trend für die Korrelation von ES2 mit RWG bzw. RTT verantwortlich sein könnte. Diese Vermutung wird allerdings nicht bestätigt, da auch nach der Trendbereinigung der Größe ES2 bei VP3 die Korrelation signifikant bleibt. Ein kontinuierlicher Anstieg von ES2 im Laufe der Versuchsperiode bei VP3 bedeutet, daß die Abklingkurve (deren teilweise Zusammenfassung ES2 ist) im Laufe der Zeit flacher wird; die systolischen RR-Werte normalisieren sich immer langsamer. Die Frage nach dem "Warum" ist, wie meistens, eine Mutmaßung, die nur durch weitere Versuche bestätigt oder widerlegt werden kann. Vielleicht läßt der Gefäßtonus (zentral gesteuert) mit der Dauer der Versuchsperiode nicht mehr so schnell nach, vielleicht läßt sich über den Umweg: mangelndes körperliches Training --- geringerer Bedarf an Sauerstoffträgern --- Erhöhung der Sauerstoffschuld bei der Arbeit --- zwangsläufiges Hochbleiben des

systolischen Blutdrucks, um die notwendige Blutversorgung der Organe zu gewährleisten, eine Erklärung für das Verhalten des ES2 bei VP3 geben. Wie die Erklärung auch lauten mag, es wird deutlich, daß man keine physiologische Reaktion des Körpers mit Gewalt in ein vorgezeichnetes Schema pressen darf (wie es hier vielleicht manchmal den Anschein hat), Jedes Individuum setzt die allen gemeinsam angelegten Reaktions- und Kompensationsmechanismen verschieden ein.

Die Werte des diastolischen Blutdrucks ändern ihre Größe nur geringfügig. Trotz der geringen Blutdruckschwankungen zeigen VP1 bei RTT und RWG, VP2 bei RWG negative Korrelationen zu den Wetterelementen. VP3 läßt keinerlei Korrelation erkennen. Verglichen mit den Ergebnissen des Tagesprofils, liegen gleichgerichtete negative Korrelationstendenzen vor. Bei trockener Luft und niedriger RTT ist also in der Ergometrie der diastolische Blutdruck bei den einen hoch, andere zeigen keine sichtbare Reaktion. Der diastolische Blutdruck wird von den Klinikern hauptsächlich als Maß für den Gefäßtonus gewertet. Möglicherweise bewirken bei VP1 eine höhere RWG und RTT ein Absinken des diastolischen Blutdrucks über einen peripheren oder (und) zentralen Mechanismus. Die scheinbare Beziehung von VP2 zu RWG und von VP1 zu RTT ist nach der Trendbereinigung nicht mehr signifikant. Die Erklärung,für die Neigung des Organismus bei einigen VPs unter den oben genannten Bedingungen einen diastolischen Blutdruckabfall zu zeigen, könnte über die Wärmeregulation geführt werden; wenn die Gefäße in der Peripherie weit sind, kann einmal mehr Blut dorthin transportiert werden, dann fließt das Blut bei größerem Querschnitt langsamer (welches wahrscheinlich kompensiert wird). Die Wärmeabgabe durch Leitung und Konvektion könnte verbessert werden; bei kritischen Außen- oder Körpertemperaturen kann dann noch der Schweiß zur Abkühlung des Organismus dienen. Nebenbei könnte sich im Zuge dieser ablaufenden Regulierungen bei manchen Menschen (wie z.B. VP1/2) eine Änderung des Gefäßtonus, sprich diastolischen Blutdrucks bemerkbar machen.

Nach der Ergometerbelastung ist der diastolische Blutdruck von Versuch zu Versuch stark wechselnd. Eine Korrelation zwischen ED2 und RWG kann anhand der Kurven nur für VP1/2 vermutet werden. Nach der Trendbereinigung ist für die Variablen die Korrelation nicht mehr signifikant. Die angedeutete positive Korrelation bei VP1/2 bedeutet, daß sich bei einer Raumfeuchteänderung der Abstand zwischen ED1 und ED2 mitändert. Die Feuchte würde also (bei kausaler Verknüpfung der Ergebnisse) ein Ansteigen des diastolischen Blutdrucks bei VP1/2 verhindern,d.h. bei erhöhter Feuchte verliefe die diastolische Abklingkurve flacher. Das Blut könnte in die Depots Milz, Lunge und Leber zentralisiert werden, die Herzkraft und damit das ausgeworfene Volumen könnte erniedrigt sein. Am wahrscheinlichsten ist es, daß die peripheren Gefäße relativ weit sind: daraus resultiert ein niedriger diastolischer Blutdruck. Trotz des erniedrigten diastolischen Blutdrucks ED2 wäre es denkbar, daß durch die erweiterten peripheren Gefäße genug Blut an die Peripherie gelangt, welches durch Konvektion und Strahlung die im Körper durch Arbeit produzierte Wärme in ausreichendem Maße abführen kann. Eine befriedigende Erklärung für das Verhalten des diastolischen Blutdrucks bei relativ hoher Raumfeuchte kann man nicht geben.

ED3 läßt bei VP1 eine signifikante Korrelation mit der RTT erkennen. In der letzten Erholungsphase nach der Ergometerbelastung verläuft die Abklingkurve bei VP1 also flach, d.h. der diastolische Blutdruck erreicht bei erhöhter RTT nicht so schnell seinen Ausgangswert. Durch die weitgestellte Peripherie kann auf dem Blutwege trotz höherer Umgebungstemperatur eine ausreichende Körperentwärmung stattfinden. Man könnte also den bei VP1 in der Erholungsphase ED3 niedrig bleibenden diastolischen Blutdruck als Kompensationsmechanismus für die bei der Anstrengung produzierte Wärme auffassen. Dabei geht man von der (fraglichen) Voraussetzung aus, daß in die weiten peripheren Gefäße relativ viel Blut gepumpt wird. Während die beiden anderen VPs von den periodischen Schwankungen der Raumtemperatur nicht sichtbar

beeinflußt werden, scheint der diastolische Blutdruck bei VP1 vom Gang der RTT abhängig zu sein. Im Laufe der körperlichen Anstrengung könnte der schwache Reiz der Temperaturschwankung eine solche Wirkung bekommen, daß ein meßbarer Einfluß auf das Gefäßsystem zustandekommt; der Indikator für eine im Organismus ablaufende Regulation könnte bei VP1 der diastolische Blutdruck sein.

ED1 weist einen starken Trend auf. VP1/2 zeigen steigende diastolische Ruhewerte, so daß die Korrelation zwischen ED1 und RWG/RTT dadurch stark beeinflußt wird. Die Catecholaminausschüttung scheint also im Verlauf des Versuchs bei den genannten Personen, gleich aus welchen Gründen, anzusteigen. Das Resultat ist ein erhöhter diastolischer Blutdruck. Durch die enge Koppelung von systolischem mit diastolischem Blutdruck kann man für den Trend gemeinsame (bereits oben ausgeführte) Ursachen verantwortlich machen. Bei den Erholungswerten werden ED2/ED3 von VP2 im Laufe der Versuchsperiode kleiner, d.h. der diastolische Blutdruck nähert sich im Laufe der Zeit schneller seinen Ausgangswerten.

An dieser Stelle muß hervorgehoben werden, daß die Korrelation der Variablen mit Wetterelementen ein seltenes Ereignis ist und eine fehlende Korrelation viel häufiger vorkommt. Da mit Sicherheit eine Beeinflussung des Organismus durch biotrope Faktoren anzunehmen ist, ist der Reiz, der gesetzt wird, entweder zu schwach, die Reizschwelle zu hoch, das Vegetativum zu stabil, oder der Körper benutzt andere Kompensationsmechanismen wie Schlagvolumenänderung, Variation der Gefäßweite, Verschiebung von Blutvolumina von einem Organ zum anderen; auf alle Fälle kommen Regulationsmechanismen in Frage, die qualitativ und quantitativ nicht erfaßt werden konnten. Der Versuch, kausale Beziehungen zwischen den Variablen herstellen zu wollen, ist also zum großen Teil Spekulation.

Bisher wurde die Beziehung zwischen den Wetterelementen und den einzelnen Variablen besprochen. Die physiologischen Größen dür-

fen aber nicht für sich allein betrachtet werden. Vielmehr sind Puls, systolischer und diastolischer Blutdruck eng miteinander gekoppelt. Der Zweck der Abstimmung der einzelnen physiologischen Größen aufeinander liegt in der Aufrechterhaltung eines arteriellen Mitteldrucks, der je nach Belastung des Organismus variiert wird. Als Mechanismen stehen dem Körper, wie oben schon angedeutet, unter anderem die Veränderung der Herzkraft, des Schlagvolumens und der Pulsfrequenz zur Verfügung. Nach REINSCHNEIDER geht eine erforderliche Kompensation zuerst auf Kosten der Pulsfrequenz, vor allem beim Untrainierten. Interessant erscheint im Zusammenhang der Regulation der Variablen untereinander das Verhalten von EP2 und ED2. Für die ersten beiden VPs liegt eine signifikant negative Korrelation von EP2 mit der Raumfeuchte vor; bei ED2 ist es eine schwach positive Korrelation mit der Raumfeuchte. VP3 zeigt keine erkennbare Korrelation. Daß Puls und Blutdruck untereinander korrelieren, ist aus allgemeinen physiologischen Regeln her bekannt. Nun besteht bei den genannten Größen eine auffallende Beziehung zur Raumfeuchte: bei hoher Raumfeuchte zeigt EP2 eine steile Abklingkurve, ED2 eine flache Abklingkurve, d.h. bei Einwirkung von Raumfeuchte nimmt die Pulsfrequenz ziemlich schnell ab, synchron dazu bleibt der diastolische Erholungsblutdruck niedrig.

Nimmt man nach WAGNER an, daß es Aufgabe der Regulationsmechanismen ist, unter anderem für einen relativ konstanten arteriellen Mitteldruck zu sorgen, so findet in unserem Fall kein Wechselspiel zwischen Puls und diastolischem Erholungsblutdruck statt: der relativ niedrige Puls und niedrige Blutdruck können anzeigen, daß bei erhöhter Luftfeuchte der Organismus nicht in der Lage ist, den arteriellen Mitteldruck aufrechtzuerhalten. Die Folge wäre eine verstärkte O_2-Schuld (die bei der Ergometrie in jedem Fall eintritt). Wahrscheinlich setzt der Organismus einen anderen, vielleicht effektiveren Regulationsmechanismus ein, so daß im Rahmen der ablaufenden Regelung ein relativ niedriger EP2 und ED2 resultieren. Daß diese Zusammenhänge nie verallgemeinert werden dürfen, dafür sorgt hier z.B. das Ver-

halten von VP3, das sich nicht in die oben aufgezeigten Reaktionsmöglichkeiten einordnen läßt.

Wenn auch bei den "Kreislaufversuchen" eine starke Tendenz besteht, kann man das Verhalten der VPs nicht normieren. Bei den Reaktionen von VP3 scheint der systolische Blutdruck eine wichtige Rolle bei der Regulation im Laufe einer körperlichen Anstrengung einzunehmen. So wird der systolische Blutdruck ein meßbarer Indikator für Reaktionen des Organismus. VP1/2 zeigen im Bereich der Pulsfrequenz und des diastolischen Blutdrucks übereinstimmende Korrelationen mit Wetterelementen. Allerdings sind die Beziehungen häufig sehr verschieden stark ausgeprägt, so daß man eigentlich an den Schluß dieses Kapitels den Satz stellen muß: "Jeder reagiert anders".

III. Alveolarluftbestimmung

Die Alveolarluft wurde einmal pro Tag am Abend bestimmt. Infolgedessen entfällt eine Beurteilung des Tagesganges. Die Alveolarluft wurde auf CO_2-Gehalt (ALC), O_2-Gehalt (ALO) und Atemminutenvolumen (ALL) getestet. Betrachtet man die CO_2-Kurve während der Versuchsperiode, so findet man gleichverlaufende CO_2-kurven auf verschiedenem Niveau. Dieses Ergebnis bestätigt die Tatsache (ASSMANN), daß die CO_2-Konzentration in der Alveolarluft auch unter sich ändernden Umgebungsbedingungen nahezu völlig konstant bleibt. Die O_2-Kurven lassen dagegen erkennen, daß die O_2-Spannung in der Alveolarluft beim einzelnen starken Schwankungen unterworfen ist. So ist es denn auffallend, daß die O_2-Verbrauchskurven trotzdem untereinander eine gewisse Parallelität aufweisen. Die korrespondierende Größe zum alveolaren O_2-Defizit und der CO_2-Produktion wäre die alveolare Ventilation mit normalerweise 4 l/min. Gemessen wurde das Atemminutenvolumen (AMV) mit normalerweise 6 l/min (Totraumventilation: 2 l/min. + alveolare Ventilation: 4 l/min.). Da im vorliegenden Versuch die Ergebnisse durch die Totraumventilation verwischt werden, läßt sich keine Beziehung zwischen AMV einerseits

und O_2- und CO_2-Konzentration andererseits herstellen (Kap. D. III Tab. 9). Die AMV-Kurve zeigt, daß bei sämtlichen VPs das AMV überhöht in Bezug auf Normalwerte ist (bei VP2 einmal 20 l/min.). Gegen Ende der Versuchsperiode konvergieren sämtliche Atemvolumina.

Aufgrund der statistischen Auswertung besteht die Tendenz zu einer positiven Korrelation zwischen ALO und ALC. In Ruhe und im Bereich der Normoventilation ergibt dieser Versuch also eine relative Konstanz des RQ.

Lassen sich nun Klimaelemente in Beziehung zu ALO, ALC oder ALL setzen? Der ähnliche Kurvenverlauf von ALO bei sämtlichen Versuchspersonen legt die Vermutung nahe, daß eine positive Korrelation zwischen RTT/RWG und ALO bei allen VPs vorliegt. Eine signifikante Beziehung zeigt aber nur VP1. Auf einigen Umwegen könnte man eine Erklärung für das Verhalten von VP1 geben:

Nach REIN-SCHNEIDER liegt die Indifferenztemperatur für den bedeckten Menschen bei 20°C. Dies bedeutet, daß der Mensch in diesem Bereich den geringsten Stoffwechsel zeigt, d.h. bei Grundumsatzbedingungen ist sein O_2-Verbrauch auf ein Minimum eingestellt. TROMP gibt an, daß eine Person bei 26°C 24 l O_2/h verbraucht, bei 12°C 27 l O_2/h. Beide Temperaturen sind außerhalb des Indifferenzbereiches des Organismus. Bei 28°C liegt die Schwitzgrenze, so daß der Körper bei 26°C eine starke Kreislaufaktivität braucht, um durch Konvektion und Strahlung den Körperkern (Kopf und Rumpf) bei konstanter Temperatur zu halten. Die Folge ist ein erhöhter Energie- und damit auch O_2-Verbrauch. Bei 12°C muß der Körper die nötige Wärmemenge selbst produzieren, daß der Körperkern nicht zu stark abkühlt. Die Folge ist wiederum ein erhöhter Energieumsatz.

Im vorliegenden Versuch befinden sich die Temperaturen zwar im Behaglichkeitsbereich von 18 - 27°C, doch liegen sie außerhalb des Indifferenzbereiches. Die Temperaturschwankungen liegen zwischen 20°C und 24°C (Kap. C. Abb. 3). Nach der RGT-Regel

(Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel: die Reaktionsgeschwindigkeit vieler chemischer Prozesse wird bei Steigerung der Temperatur um 10°C verdoppelt bis verdreifacht) muß also bei erhöhter RTT der alveolare O_2-Verbrauch ansteigen (erhöhter O_2-Verbrauch = verstärkte Verbrennung im Organismus). Wenn durch erhöhte RTT ein verstärkter Stoffwechsel verursacht wird, so kann die dadurch entstehende vermehrte Wärme bei gleichzeitig erhöhter Raumfeuchte nur erschwert abgegeben werden.

Ein wirksamer Weg der Körperentwärmung könnte die Atmung sein. Nach REINDERS soll sie unter extremen Feuchte- und Temperaturbelastungen bis 25 % der Gesamtentwärmung betragen können. Durch erhöhten Wasserdampfpartialdruck der Umgebungsluft kann der Körper den Weg über wasserdampfgesättigte erwärmte Ausatmungsluft nicht mehr in dem Maße ausnutzen wie bei trockener Luft (je trockener und wärmer die Umgebungsluft ist, desto mehr Feuchtigkeit kann sie aufnehmen).

Nimmt man an, daß in unseren Temperaturbereichen die RTT wirksam den Stoffwechsel steigert und damit wärmeproduzierend wirkt, so muß bei unseren Versuchsbedingungen die Wärme gegen einen verringerten Feuchtegradienten abgegeben werden (vgl. Wetterkurven). Die Folge könnte eine kompensatorische Kreislaufaktivierung sein (weite periphere Gefäße, vermehrte Kreislaufarbeit usw.). Auf dem Umweg über eine Kreislaufaktivierung könnte die Raumfeuchte einen gewissen Einfluß auf den Energiestoffwechsel und damit auf den O_2-Verbrauch des Organismus gewinnen. Diese Annahme würde zumindest mit dem Verhalten von VP1 übereinstimmen. Man muß aber einräumen, daß die Beeinflussung des O_2-Stoffwechsel allein durch die RTT bewirkt sein könnte; die Korrelation der Variablen mit RWG müßte man dann als zufällig ansehen, da der Verlauf von RWG und RTT ähnlich ist. Offensichtlich ist aber, daß eine geringe Wetterschwankung den Stoffwechsel von VP1 beeinflußt. Wenn auch VP2/3 keine signifikante Korrelation zu Klimaelementen zeigen, so deutet doch der Kurvenverlauf der Versuchspersonen untereinander darauf hin, daß das Verhalten sämtlicher Versuchspersonen bis zu einem gewissen Grade von den Klimaelementen beeinflußt wird.

Wie aus den Kurven abzulesen ist, wird die CO_2-Konzentration in den Lungen unabhängig von äußeren Einwirkungen ziemlich konstant gehalten. Dies ist unbedingt notwendig, denn wenn sich die Zusammensetzung der Alveolarluft zu ändern beginnt, muß sich auch im Blut, das die Lunge verläßt, die Spannung der Gase entsprechend verändern. Der Organismus ist streng darauf bedacht, einen konstanten ph-Wert im Blut zu haben. Deshalb bleibt der CO_2-Gehalt durch die Variation der Ventilation konstant.

Naturgemäß läßt sich keine Beziehung zwischen dem AMV und Wetterelementen herstellen. Die quantitative Messung der Atemmenge ist ungenau. Fehlerquellen wie Atemtiefe, Atemfrequenz, Widerstand in den Leitungen und Toträume am Gerät beeinflussen die Ergebnisse erheblich.

Insgesamt kann man sagen, daß die Kurven den Eindruck vermitteln, die Versuchspersonen würden bei der Alveolarluftbestimmung ähnlich reagieren. Die individuelle Note der Reaktion scheint hier zugunsten einer "stereotypen" Antwort oder besser Nicht-Antwort des Organismus auf geringe Wetterreize zurückzutreten.

IV. Vitalkapazität

Die Vitalkapazität (VIK) dient dem Arzt zur Bestimmung der Luft-Volumenverhältnisse im Thorax, um daraus Schlüsse auf pathologische Veränderungen in diesem Gebiet ziehen zu können. Nach REIN-SCHNEIDER nimmt das maximale Atemhubvolumen (Vitalkapazität) mit der Körpergröße zu. Doch ist die Korrelation keineswegs streng, da u.a. eine starke Abhängigkeit vom Trainingszustand besteht. Aus diesem Grund ist es auffallend, daß die am besten trainierte VP3 die absolut geringste Vitalkapazität über die gesamte Versuchsperiode aufweist.

Nach COMROE ist die Vitalkapazität im Liegen bis zu 300 ml niedriger als im Stehen, das ist zum Teil auf eine Zunahme des intrapulmonalen Blutvolumens und zum Teil auf das Höhertreten des

Zwerchfells zurückzuführen. Vergleicht man nun die Früh- und Abendwerte der VIK-Messung der drei VPs daraufhin, so findet man am Morgen bei VP1 17, bei VP2 12 und bei VP3 11 in 19 Tagen jeweils höhere VIK-Werte. Zwar werden vor- und nachmittags die VIK-Messungen im Stehen durchgeführt, doch sind die Frühwerte kurz nach dem Aufstehen gemessen worden. Mit 1,7 l Blut, das sind ca. 1/3 der Gesamtblutmenge, ist die Lunge nach REINSCHNEIDER das wichtigste Gebiet des Niederdrucks zur evtl."Blutmobilisierung". Eine geringe Senkung des Drucks im linken Vorhof (z.B. Abnahme des Widerstands im arteriellen System oder Frequenzzunahme des Herzens) kann den Zufluß zum linken Herzen sofort erhöhen. Vergleicht man Ruhepuls und Blutdruck am Morgen mit den entsprechenden VIK-Werten, so sieht man, daß der systolische Blutdruck durchschnittlich relativ niedrig, der diastolische Blutdruck und die Pulsfrequenz relativ hoch liegen.

Dies zeigt, daß aus dem Blutreservoir Lunge offensichtlich Flüssigkeit mobilisiert wird, die mit in den Gesamtkreislauf geworfen wird. Daraus könnte eine Erhöhung der VIK resultieren, doch der Stand des Zwerchfells dürfte noch eine Rolle spielen. Durch die geringe Füllung der Verdauungsorgane am Morgen kann das Zwerchfell optimal tief treten, woraus eine Erhöhung der VIK resultiert.

Am Nachmittag liegt die VIK durchschnittlich niedriger. Zur Meßzeit um 17.00 Uhr der VIK liegen Pulsfrequenz und diastolischer Blutdruck niedriger als morgens um 7.00 Uhr, während der systolische Blutdruck etwa sein Niveau hält. Zudem ist der Füllungszustand der Verdauungsorgane durch Mittagessen, Kaffeemahlzeit vermehrt. Dies spricht für eine physiologische Erklärung des Tagesganges, doch darf man die psychische Situation, die im Laufe des Tages Schwankungen unterliegt, nicht unterschätzen. Deshalb wäre es denkbar, daß durch Antriebsschwäche oder steigende Unlust an der Versuchsdurchführung die VIK-Werte am Nachmittag sinken.

Über die gesamte Versuchsperiode ist kein Anhalt für eine Veränderung der VIK in Bezug auf Änderung von Raumfeuchte und Raumtemperatur zu erkennen. DAXEL weist darauf hin, daß die Raumtemperatur die größte Ähnlichkeit mit dem Kurvenverlauf der gemessenen VIK-Werte hat. Dies können wir nicht bestätigen.

Im Tagesverlauf kann man keine Aussagen über einen Zusammenhang des Kurvenverlaufs zwischen RTT und VIK machen. Dies liegt daran, daß zu den korrespondierenden Meßzeiten durchschnittlich ähnliche oder sogar gleiche Temperaturwerte vorliegen (die RTT-Kurve im Bioklimaraum hat ihr Maximum zu früh; siehe Kap. C. Abb. 2).

Der Kurvenverlauf des RWG zeigt relativ häufig einen ähnlichen Verlauf wie die VIK-Kurve. Bei höherer Feuchte liegen oft hohe VIK-Werte vor. VP2/3 weisen z.B. am 5.8. und 16.8. eine deutliche Korrelation zu den Feuchtewerten auf, während VP1 sich indifferent verhält. Bei relativ geringer Feuchte am Vormittag, z.B. am 13.8. und 18.8., ist bei VP2/3 ein "Mitgehen" der VIK-Werte ersichtlich, während VP1 keinen derartigen Kurvenverlauf zeigt.

Wenn diese Befunde auch nicht sehr überzeugend sind, so ließe sich doch eine physiologische Erklärung dafür finden. Bei erhöhter Raumfeuchte ist die Peripherie stark durchblutet, um durch Konvektion und Strahlung Wärme abzugeben. Der Blutspeicher Lunge ist infolgedessen relativ "leer". Daraus könnten am Vormittag erhöhte VIK-Werte resultieren.

Mit abnehmender Feuchte am Nachmittag nimmt der Dampfdruck der Umgebungsluft ab, so daß die Dampfdruckdifferenz zwischen 100 % gesättigter Ausatmungsluft und Umgebungsluft, die zudem noch wärmer geworden ist, ansteigt. Infolgedessen kann ein größerer Teil der Wärmeabgabe durch die Lunge bestritten werden, verbunden mit erhöhter Blutfülle der Lunge. Die VIK nimmt ab. Dies äußert sich auch in einer Zunahme der Atemfrequenz am Nachmittag. Auch dies können wir durch unsere Versuche am Tagesprofil bekräftigen (s. auch HENSEL, DE RUDDER).

Es bleibt weiteren Untersuchungen überlassen, die Ergebnisse zu bestätigen oder sie als Zufallsbefunde zu verwerfen. Durch statistische Methoden konnte die vermutete Korrelation zwischen den Variablen und RWG/RTT nicht nachgewiesen werden.

V. Kapillarresistenzbestimmung

Wenn man sich den Tages- oder Periodengang der Kapillarresistenzkurven bei sämtlichen Versuchspersonen betrachtet, so fällt die starke individuelle Variation der Meßgrößen auf. Diese können von einer Messung zur anderen zwischen 0 und 20 Petechien schwanken. Zwar zeigt z.B. VP1 durchschnittlich die meisten Petechien und VP3 die wenigsten, doch läßt sich in dem Auf und Ab des Kurvenverlaufs keine Gesetzmäßigkeit erkennen. Ein tageszeitlicher Rhythmus ist nicht nachzuweisen, von einer Korrelation zu Wetterelementen ganz zu schweigen. Man muß sich also fragen, ob eine Gesetzmäßigkeit bei der Kapillarresistenz in irgendeiner Form festgestellt werden kann. Uns will dies offensichtlich nicht gelingen, doch fanden KÜCHMEISTER und SCHÄRFE, daß bei Gesunden eine Tagesrhythmik in der Kapillarresistenz vorliegt: höchste Werte gegen 4.00 Uhr morgens. Die Befunde der Tagesrhythmik wurden von DÖRING und RIEKE bestätigt, wobei diesen sogar eine statistische Unterbauung bei Gesunden gelang: Es wurden bei sieben VPs über eine Zeit von 3-4 Tagesperioden alle 3 Stunden die Festigkeit der Kapillarwand mit einer Saugmethode untersucht. Die aus allen Meßwerten errechnete Mittelwertskurve zeigt den Tiefpunkt spät abends um 23.00 Uhr und den Gipfel morgens um 5.00 Uhr.

Sowohl im Tagesgang als auch während der Versuchsperiode läßt sich keine Beziehung zu Wetterelementen erkennen. REGLI und STÄMPFLI weisen nach, daß die Kapillarresistenz als objektives Maß für die Wettereinflüsse auf den Menschen gelten könnte. Warmfronten wirken stark kapillarresistenzsenkend (Tonuszunahme des Parasympathicus), Kaltfronen resistenzsteigernd (Zunahme des Orthosympathicus).

Die Ergebnisse, die mit der Kapillarresistenzmessung gefunden wurden, sind nicht sehr ermutigend. Dies schließt jedoch nicht aus, daß bei sorgfältiger Versuchsdurchführung z.B. über folgenden Mechanismus ein positives Resultat denkbar wäre:
Kälte --- Cortisolausschüttung (z.B. am Morgen oder bei Kaltfront) --- Cortisol bewirkt (nach Sturm) --- Kapillarresistenzsteigerung. Umgekehrt gilt dasselbe.

VI. Kritik der Methodik

ad. C. I

Es ist gelungen, den Bioklimaraum verhältnismäßig wohnlich zu gestalten. Unangenehm sind die mangelhaften sanitären Einrichtungen. Es steht nur ein sehr kleines Waschbecken zur Verfügung. Eine Dusche wäre wünschenswert, wenn man sich für längere Zeit in dem Bioklimaraum aufhalten muß.

Der Tagesplan enthält sehr viele Versuche. Dadurch befindet man sich immer in einer gewissen Anspannung, die evtl. die Ruhemeßwerte beeinflussen kann. Diese Tatsache muß man auch in Erwägung ziehen, wenn ein Versuch nicht klappt oder aus irgendeinem Grund der Tagesplan nicht eingehalten werden kann. Die Probanden sind in der unangenehmen Lage, Untersuchende und Auswertende zu sein, infolgedessen haben sie ein berechtigtes Interesse, daß "alles" klappt.

Aus diesen Gründen wäre es also besser, psychisch unbeteiligte Probanden im Bioklimaraum zu testen, da es ihnen gleichgültig sein kann, ob die Regeltechnik der Klimakammer, die Versuchsmethode und deren Anwendung funktionieren.

Die Erfahrung zeigt, daß die Versuchsperiodendauer vorher genau festgelegt werden muß. Eine nachträgliche Verlängerung während des Versuchs wirkt sich auf das psychische "Versuchsklima" ausgesprochen ungünstig aus.

ad. C. II

Es war geplant, während einer bestimmten Versuchsperiode bei gleichbleibender Raumtemperatur in Intervallen von 3-4 Tagen die Raumfeuchte selektiv zu verändern. Dies ist infolge mangelhafter Regeltechnik nicht gelungen. Die Betrachtung der Raumtemperatur-Raumfeuchte-Kurven zeigt, daß RTT und RWG nicht getrennt voneinander variierbar sind, sondern einen ähnlichen Kurvenverlauf aufweisen. Dabei sind die Schwankungen der Raumfeuchte (gezielt geregelte Größe) stärker.

Die Auswertungen werden durch den korrelierenden Gang zweier klimabestimmender Faktoren erschwert. Da beiden Größen zweifellos eine biotrope Wirkung zuerkannt wird, kann man nicht, wie geplant, vorwiegend eine Betrachtung der Raumfeuchteänderung vornehmen, sondern muß beide Faktoren entsprechend berücksichtigen.

Während der einzelnen Tage sollte (im Rahmen der periodischen Änderungen) ein bestimmter Temperatur-Feuchte-Rhythmus, an den der Körper gewöhnt ist, eingehalten werden. Wie aus der Temperatur-Charakteristik des Bioklimaraums (Kap. C. Abb. 2) ersichtlich ist, liegt bei der Raumtemperatur eine Phasenverschiebung im Sinne einer Vorverlegung der Tagesmaxima und -minima mit fortschreitender Versuchsdauer vor. Die Amplitude entspricht bis auf wenige "Ausreisser", z.B. am 16.8., dem Sollwert. Die Raumfeuchte entspricht in den seltensten Fällen der Sollwertkurve, z.B. vom 1.8. bis 5.8. liegt das Ist-Maximum beim Soll-Minimum. Die Amplitude des Raumfeuchte-Tagesganges ist überhöht.

Die Temperaturen liegen im ganzen an der unteren Behaglichkeitsgrenze; sie liegt für mitteleuropäische Verhältnisse zwischen 18°C und 27°C. Bis auf wenige "Ausrutscher", z.B. am 16.8. gegen 18.00 Uhr mit etwa 16°C, liegen die Temperaturen innerhalb der Behaglichkeitsgrenze. Die Probanden empfanden die Temperaturen insgesamt als nicht unangenehm.

Man darf allerdings die Temperaturen nicht isoliert betrachten, da die "effektive" Temperatur (Kapitel C. III), die sich aus dem Zusammenwirken von RWG und RTT und Luftbewegung ergibt, für das Wärmegefühl und damit für den Behaglichkeitsbereich entscheidend ist.

Zusammenfassend kann man sagen, daß das Klima von den Versuchspersonen als behaglich empfunden wurde.

Man konnte an der Oberflächenbeschaffenheit des Wandbehangs, der bei erhöhter Raumfeuchte Wasser aufnahm, leicht qualitative Aussagen über den Feuchtefaktor machen.

ad. C. III

1. Tagesprofil

a) Pulsfrequenz

Im vorliegenden Versuch sind die Pulse pro Minute ausgezählt worden. Genauere Ergebnisse könnte man erzielen, wenn man sich vor Versuchsbeginn auf eine bestimmte Schlagzahl einigt (z.B. 50) und die dafür benötigte Zeit mit einer Stoppuhr mißt.

b) Blutdruck

Statt der RR-Methode wäre ein automatisch arbeitendes Gerät wünschenswert; dadurch könnten die subjektiven Fehler weitgehend reduziert werden.

c) Atemfrequenz

Die Methode ist sehr empfindlich. Sie hat den Vorteil, daß die Atemfrequenz unabhängig von der psychischen Einstellung des Probanden gemessen wird. Bei der Zählmethode könnte der Proband sich auf die Untersuchung einstellen und zum Beispiel betont regelmäßig atmen.

Die natürliche Unregelmäßigkeit der Atemfolge macht allerdings

bei der Auswertung des Kurvenmaterials Schwierigkeiten. In Ordinatenrichtung entsteht keine ideale Gerade, sondern diese weist Stufen in Abszissrichtung auf, die mit dem Aussetzen der Atemfolge zusammenfallen, da der Papiervorschub kontinuierlich ist.

Der Auswerter muß sich also die "richtige"Steigung der Geraden in Ordinatenrichtung heraussuchen. Dies ist natürlich mit einer gewissen Willkür verbunden. Bei kritischer Auswahl der Atemzugfolge ist die "Thermistoren-Methode" eine Methode, die relativ frei von subjektiven Komponenten ist.

2. Ergometrie

a) Fahrradergometer

b) Pulsfrequenz

Die Aufgabe des Zählgeräts für die Pulsfrequenz wäre es gewesen, die Pulsfrequenz zu einem Zeitpunkt anzuzeigen, z.B. t=0"; t=60". Der Zeiger der Skala mißt aber nur innerhalb eines Bereichs von etwa ± 10 Pulsschläge pro Minute genau (vor allem bei höherer Schlagzahl). Infolgedessen waren die Untersuchenden gezwungen, innerhalb eines Bereichs von 20 Sekunden x 3 (z.B. - Zählerzeitpunkt = 90", Zählbereich = 70"-90") die Pulsschläge pro Minute mit Hilfe der akustischen Signale zu bestimmen. Dies beeinträchtigt die Genauigkeit der Messungen, da die Pulszahl pro Minute in der Erholungszeit innerhalb von 20 Sekunden bereits absinkt.

Wünschenswert wäre ein Pulsfrequenzanzeigegerät, das mit hinreichender Genauigkeit die Pulsfrequenz zu einem Zeitpunkt angibt.

c) Blutdruck

Ähnlich wie bei der Pulsfrequenzmessung wäre eine fortlaufende Blutdruckmessung vorteilhaft, bei der die Meßwerte zu einem Zeitpunkt abgelesen werden können. Bei der Blutdruckmessung mußten

ebenfalls in einem Zeitraum von etwa 20 Sekunden (z.B. Zählzeitpunkt = 60", Zählbereich = 50"-70") die Manschette aufgeblasen, das Stethoskop und der systolische sowie der diastolische Blutdruck gemessen werden. Wie bei der Pulsfrequenz nimmt in der Erholungsphase in 20 Sekunden der Blutdruck beträchtlich ab, abgesehen von der starken subjektiven Komponente, die bei der verwendeten Methode mit in die Resultate eingeht.

3. Alveolarluftbestimmung

Bei dieser Methodik ist zu bemerken, daß diese relativ komplizierte Apparatur einwandfrei funktioniert. Die Gasuhr des H&B-Gerätes zeigt allerdings um etwa 1/3 zu viel Atemvolumen an (diese Tatsache ist bei der Auswertung des Zahlenmaterials berücksichtigt worden; die wirklichen Werte sind errechnet worden).

4. Vitalkapazität

Das Gerät arbeitet mit hinreichender Genauigkeit. Man muß sich allerdings fragen, ob eine solch grob orientierende Versuchsanordnung, die von zahlreichen nicht meßbaren Komponenten beeinflußt wird (körperliche Verfassung, Füllungszustand der Magenblase, psychische Ausgangssituation), zu objektivierbaren Resultaten führt.

5. Kapillarresistenz

Die Versuchsanordnung ist klar, leicht reproduzierbar.

ad. C. IV und V

Die qualitative Kurvenbetrachtung und die statistische Auswertung brachten prinzipiell dieselben Ergebnisse. Die qualitative Auswertung kann darüber Aufschluß geben, ob eine Phasenverschiebung im Tagesgang oder eine Amplitudenänderung im Laufe der Versuchsperiode auftreten.

Bei der statistischen Auswertung konnte als Ergänzung festgestellt werden, ob und inwieweit die einzelnen physiologischen Variablen untereinander korrelieren.

Der Anschaulichkeit halber wurden bei sämtlichen Versuchen die Kurvenverläufe betrachtet. Dieselben Aussagen konnten zahlenmäßig anhand der statistischen Auswertung leicht bestätigt werden.

F. ZUSAMMENFASSUNG

1. Aufgabe der Untersuchungen im Bioklimaraum des Balneologischen Instituts war es, Zusammenhänge zwischen biotropen Faktoren wie Raumfeuchte/Raumtemperatur und physiologischen Grössen als Indikatoren für mögliche im Organismus ablaufende Regulationen zu finden.

2. Der Blutdruck wurde mit der Methode nach RIVA-ROCCI gemessen, der Puls gezählt, die Atemfrequenz mit einer "Thermistoren-Methode", die Alveolarluft mit einem H&B-Grundumsatzgerät, die Vitalkapazität mit einem Spirometer und die Kapillarresistenz mit dem Resistometer nach KÜCHMEISTER bestimmt. Die Methoden sollten auf ihre Eignung und Genauigkeit für klimaphysiologische Untersuchungen getestet werden.

3. Die tagesrhythmischen Schwankungen der Raumfeuchte bewegten sich um 1 Torr Wasserdampfdruck, die der Raumtemperatur etwa um 1°C. Während des gesamten Versuchs wurden Perioden mit Feuchtewerten zwischen 8-16 Torr Wasserdampfdruck und Temperaturen zwischen 19,9-22,7°C durchlaufen.

4. In bestimmten Abständen wurden Puls, Blutdruck und Atemfrequenz in Ruhe (Tagesprofil), Puls und Blutdruck vor und nach Belastung (Ergometrie), Alveolarluft, Vitalkapazität und Kapillarresistenz an drei gesunden Versuchspersonen gemessen. Daraus resultieren Verlaufskurven des Tages- und Periodengangs, die auf ihre Korrelation mit Raumfeuchte und Raumtemperatur untersucht wurden. Mit statistischen Methoden wurde die Korrelation der Variablen untereinander zusätzlich überprüft.

Dabei zeigten sich folgende Zusammenhänge:

5. Tagesprofil: Es konnte zum Teil eine signifikante negative Korrelation zwischen Raumtemperatur/Raumfeuchte und physiologischen Größen sowohl im Tagesgang wie im Periodengang gefunden werden. VP1 korreliert mit Blutdruck und Puls im Tagesgang mit der Raumtemperatur,im Periodengang mit der Raumfeuchte.VP2 zeigt

bei Blutdruck und Puls im Periodengang und im Tagesgang (ausser beim Puls) eine Korrelation mit der Raumfeuchte. VP3 weist hauptsächlich bei der Atemfrequenz im Tagesgang zur Raumfeuchte und im Periodengang zu beiden Wetterelementen eine signifikante Beziehung auf.

6. Ergometrie im Leistungsbereich von etwa 300 Watt: VP1/2 zeigen bei Puls und diastolischem Blutdruck gleichsinnige Korrelationen mit den Wetterelementen. Bei VP3 ist die Korrelation beim systolischen Blutdruck zu sehen. Im Tagesgang ist außer bei VP2 die Beziehung zu Wetterelementen nicht nachweisbar. Die absolute Größe der Variablen ändert sich im Laufe des Versuchs bei den einzelnen Versuchspersonen einmal in positiver, einmal in negativer Richtung (Trend).

7. Alveolarluft: Der Sauerstoffverbrauch der Versuchspersonen korreliert am ehesten mit Wetterelementen.

8. Vitalkapazität: Außer einer angedeuteten Tagesrhythmik scheint kein Zusammenhang mit Wetterabläufen zu bestehen.

9. Kapillarresistenz: Mit dem Resistometer nach KÜCHMEISTER konnten auch nicht andeutungsweise signifikante Beziehungen zu biotropen Faktoren ermittelt werden.

10. Die Versuchsergebnisse der meisten Meßgrößen variieren individuell stark. Die Antworten des Organismus auf Wettereinflüsse scheinen sich nicht normieren zu lassen, d.h. jede Versuchsperson scheint etwas anders und verschieden intensiv auf biotrope Reize zu reagieren. Dabei ist die fehlende Korrelation zwischen Raumtemperatur/Raumfeuchte und den Variablen der bei weitem häufigere Befund.

Außer beim Langzeittrend liegen keine diametral entgegengesetzte Reaktionen des Organismus vor, d.h. es gibt bei den auftretenden Korrelationen einer Variablen nur folgende Verknüpfung: Keine signifikante Korrelation - positive Korrelation; keine

signifikante Korrelation - negative Korrelation mit den Wetterelementen. Eine Deutung der auftretenden Beziehungen wurde versucht; diese muß naturgemäß lückenhaft bleiben, da nicht sämtliche bei einer Regulation im Organismus eine Rolle spielenden Abläufe erfaßt werden konnten.

G. ANHANG

Kurvenmaterial zu sämtlichen Versuchsergebnissen:

Die Darstellungen sind in der im Text besprochenen Reihenfolge aufgeführt.

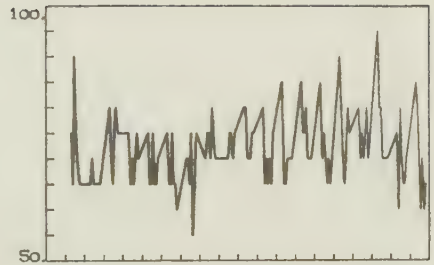
Sammellegende zu den folgenden graphischen Darstellungen der Meßgrößen:

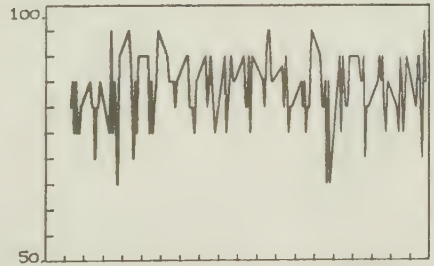
Obere Kurve: Versuchsperson 1
Mittlere Kurve: Versuchsperson 2
Untere Kurve: Versuchsperson 3

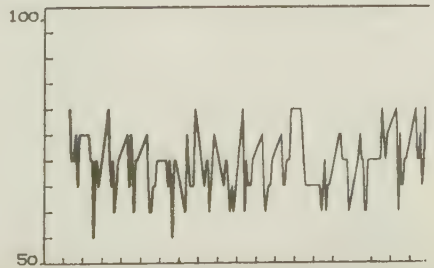
Abszisse: Zeitlicher Verlauf der einzelnen Meßgrößen. Der erste Teilstrich bedeutet den 1.8.1969, der letzte Teilstrich den 19.8.1969.
Gemessen wurde vom 2.8. - 20.8.1969.

Ordinate: Schwankungen der Meßgrößen im Laufe der Versuchsperiode. Auf eine Größenordnungsangabe in den graphischen Darstellungen wurde verzichtet.

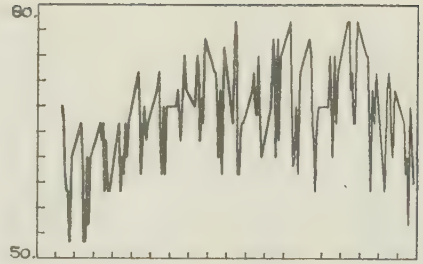
Die Erklärung zu den in den Kurven angegebenen Abkürzungen ist den Seiten 13 und 14 zu entnehmen.

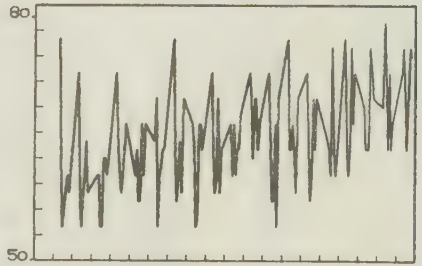


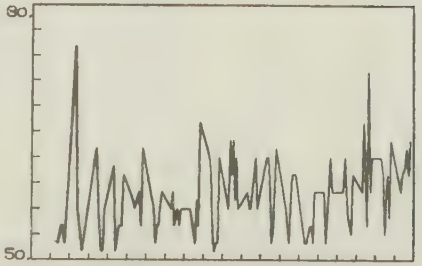




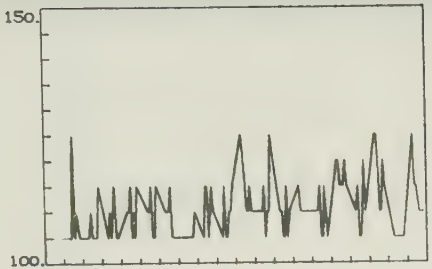
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: TPD

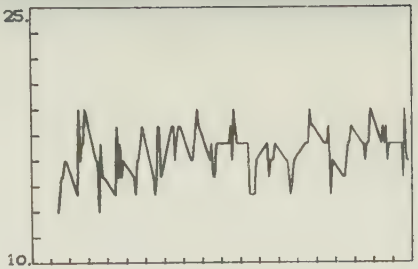


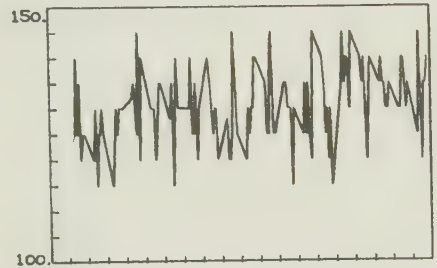


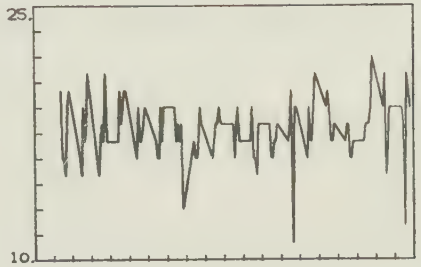


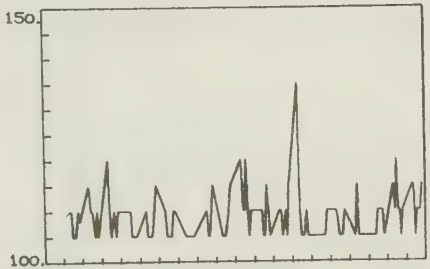
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: TPL



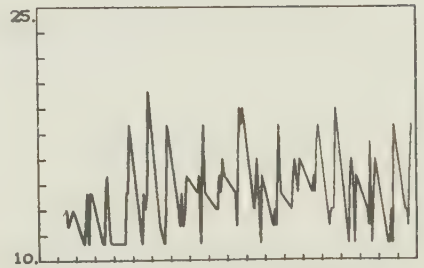




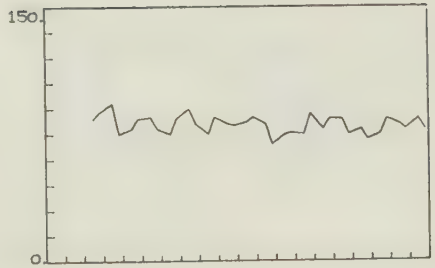


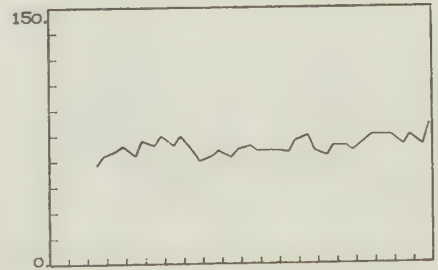


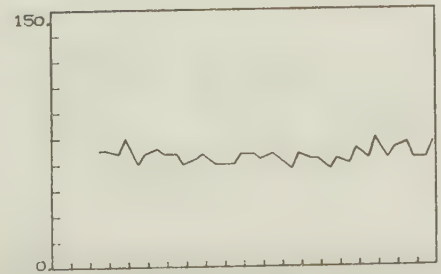
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: TPS



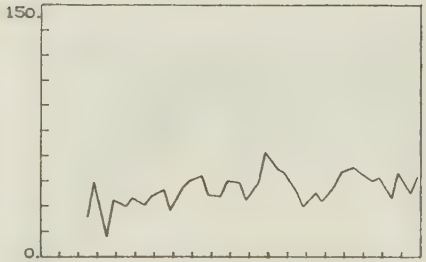
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: TPA

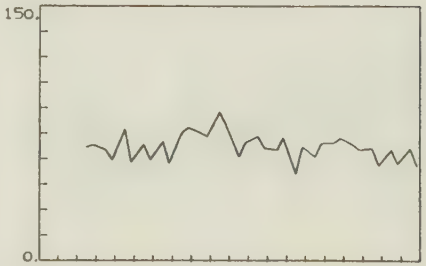


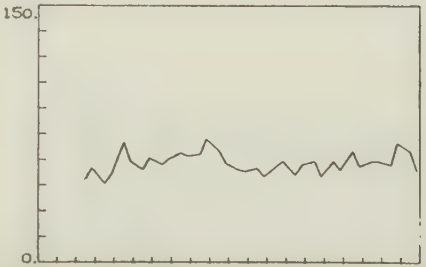




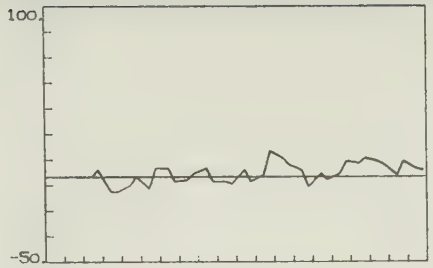
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: EP1

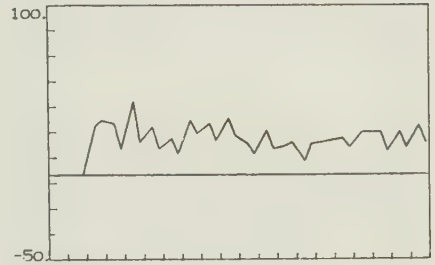


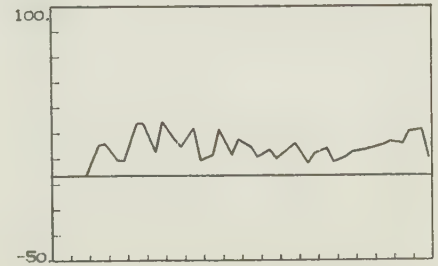




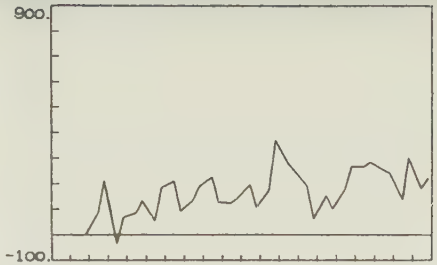
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: EP2

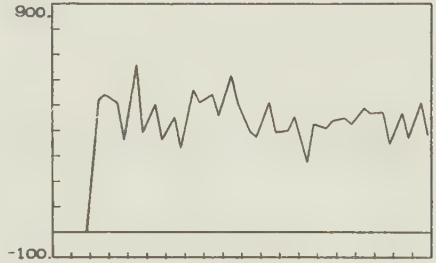


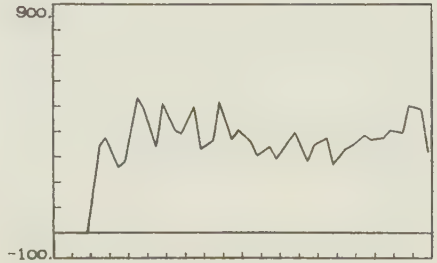




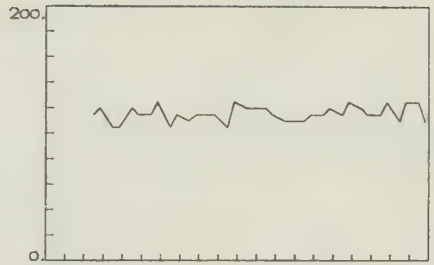
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: EP3

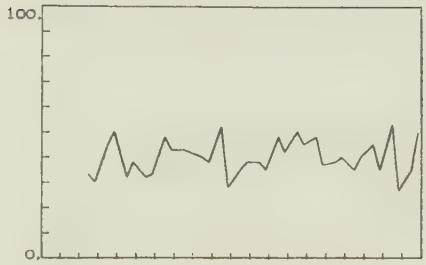


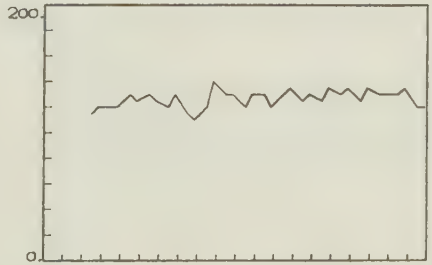


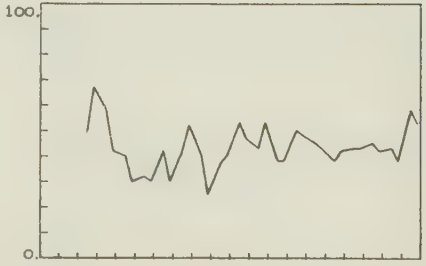


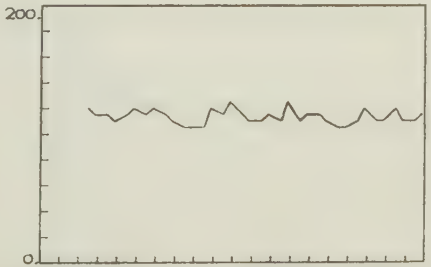
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: EP5



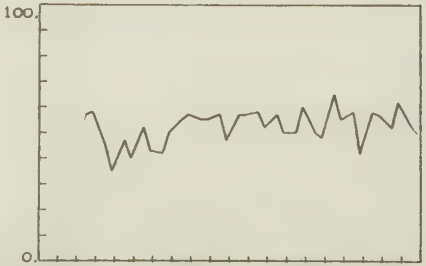




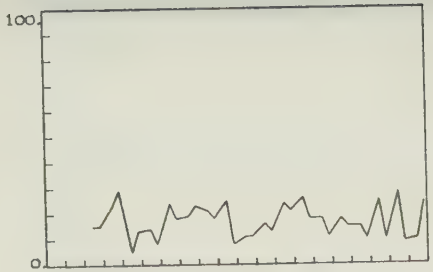


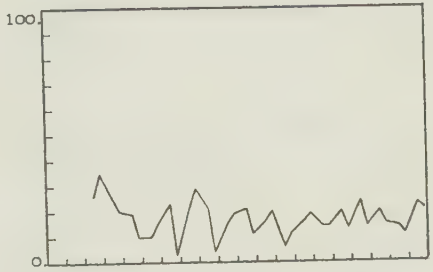


ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ES1

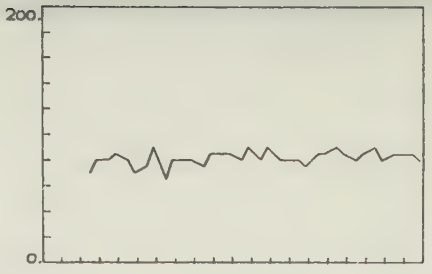


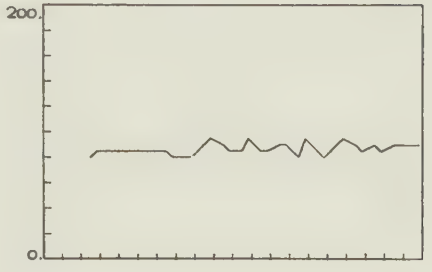
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ES2

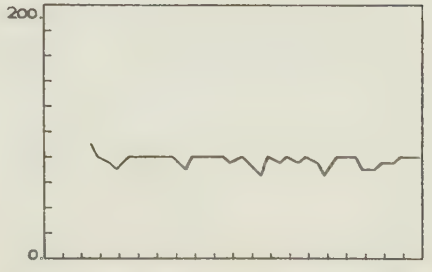




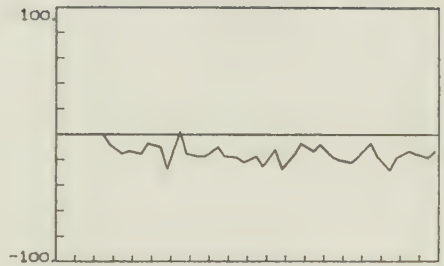
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ES3

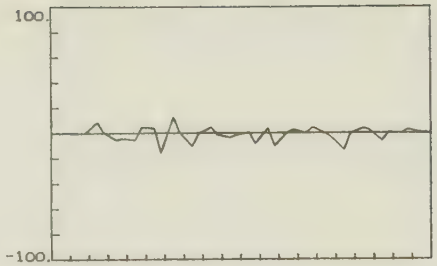


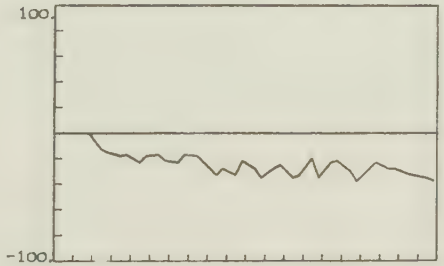


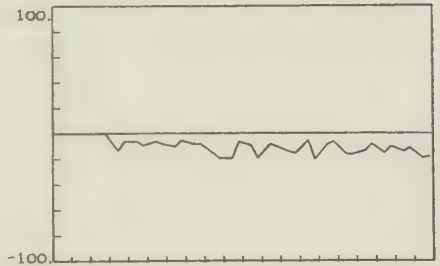


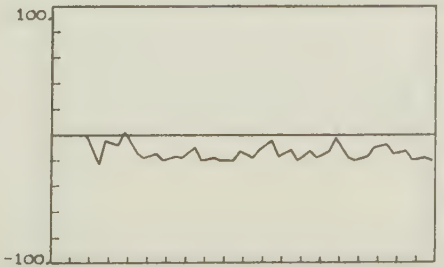
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ED1



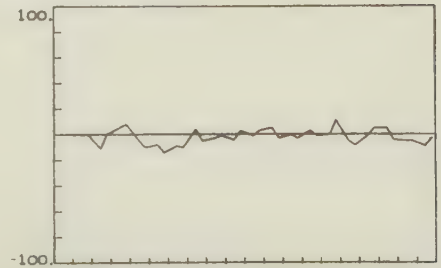




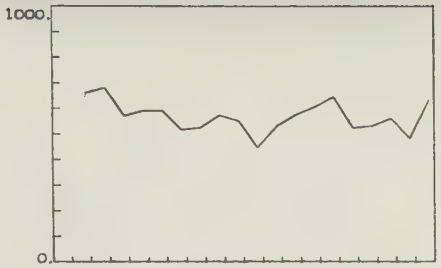


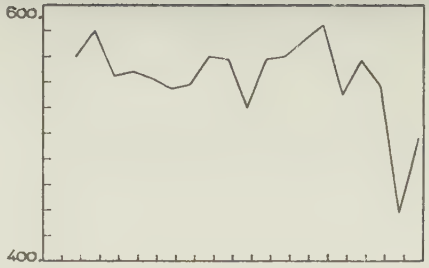


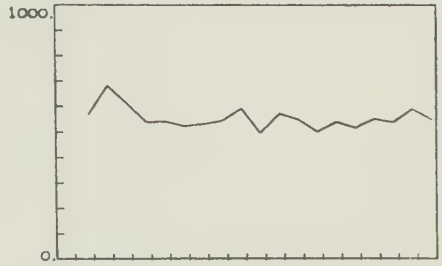
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ED2

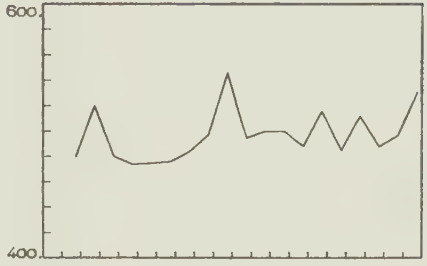


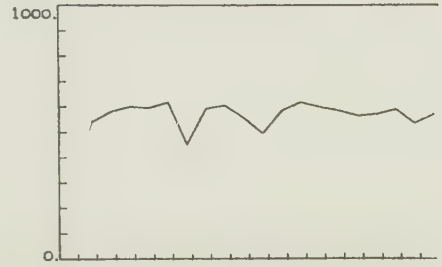
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ED3

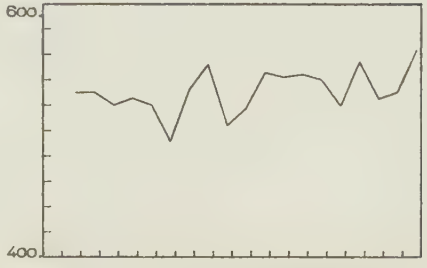






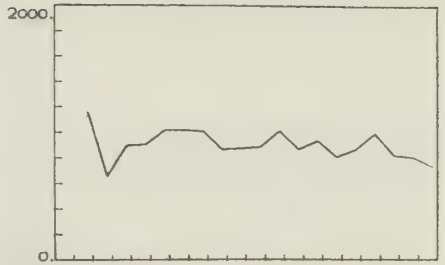


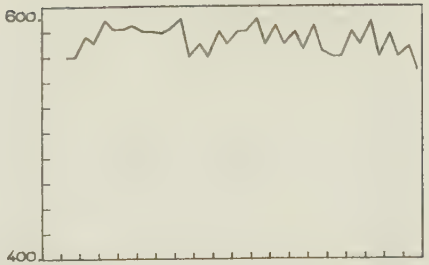


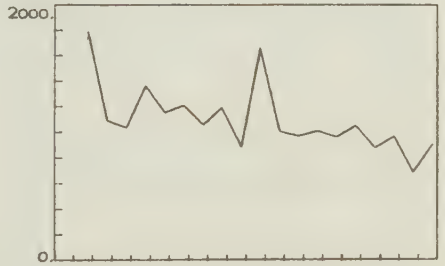


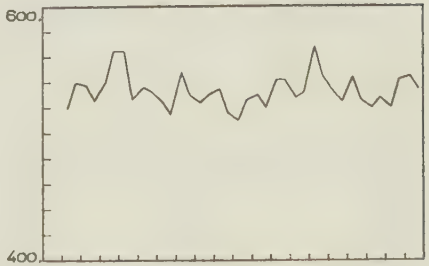
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ALO

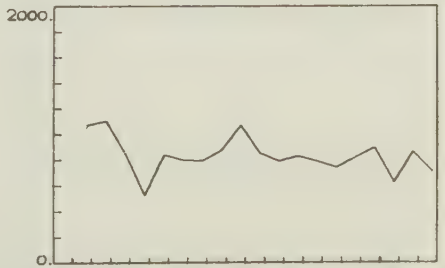
ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ALC

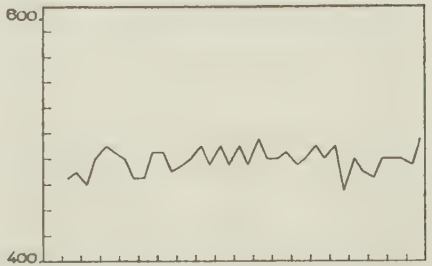






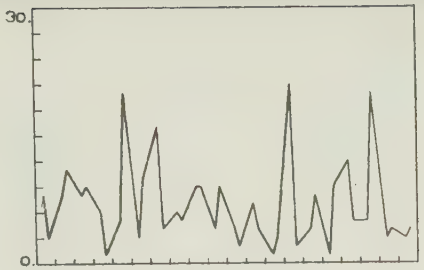


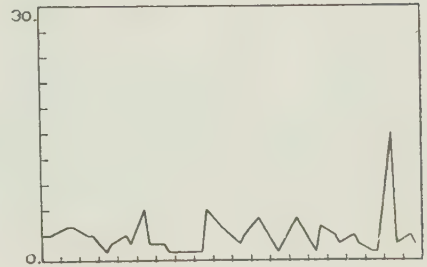




ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: ALL

ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: VIK





ZEITLICHER VERLAUF DER MESSGROESSE: KPR

H. LITERATURVERZEICHNIS

1) Aschoff, J.: Circadian Clocks
North-Holland Publishing Company
Amsterdam 1965

2) Aschoff, J.: Exogene und endogene Komponenten der 24-Stunden-Periodik bei Tier und Mensch
Naturwissenschaften 21 (1955), 569-575

3) Assmann, H.: Die Wetterfühligkeit des Menschen
VEB Gustav Fischer Verlag,Jena 1963

4) Brezowsky, H.: Der Einfluß des Wetters auf den Organismus
Materia Medica, Nordmark, 2. Sonderheft 1961

5) Comroe, Forster, Dubois, Priscoe, Carlsen, Gerlach: Die Lunge: Physiologie und Atemfunktionsprüfungen
Schattauer-Verlag, Stuttgart 1964

6) Daxel, K.: Vitalkapazität, Differentialblutbild und Dunkeladaption in ihrer Eignung für meteorobiologische Untersuchungen
Med.Diss., München 1953

7) De Rudder: Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1952

8) Dirnagl, K.: Zur Methodik der meteorobiologischen und bioklimatischen Forschung
Archiv für Physikal. Therapie 2 (1953)

9) Döring, G.K., Riecke, H.: Über tagesperiodische Schwankungen der Kapillarresistenz Klinische Wochenschrift 45/46 (1952); 1098-1100

10) Heim, F., Rödiger, E.: Tagesperiodische Schwankungen des Blutdrucks und der Blutdruckreaktion auf intravenöse Sympatholinjektion Klin. Wochenschrift 25 (1947); 426-427

11) Hellpach, Martini Pfleiderer, De Rudder, Schittenhelm, Seybold, Tischler, Ungeheuer, Weickmann: Klima, Wetter, Mensch Quelle und Meyer, Heidelberg 1952

12) Keidel, W.D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie Thieme-Verlag, Stuttgart 1967

13) Kramár, J.: Endocrine Regulation of the Capillary Resistance. Reprinted from Science Vol. 119 No. 3101 (1954), 790-792

14) Krause, G., Klepzig, H.: Die Abhängigkeit der Blutdruckmeßwerte von der Lage des Arms bei der indirekten Messung Zeitschrift für Kreislaufforschung 52 (1963), 927-934

15) Krautschik, W: Blutdruck, Pulsfrequenz, neurovegetativer Hauttonus, tägliche Urinmenge und Pletysmometrie in ihrer Beziehung zur Meteorobiologie Med. Diss., München 1955

16) Küchmeister: Klinische Funktionsdiagnostik Thieme-Verlag, Stuttgart 1958

17) Lehmann, G.: Arbeitsphysiologie
Thieme-Verlag, Stuttgart 1952

18) Merlen, J.F. Zur Kapillarresistenzmessung
Die Medizinische, Lille 1958

19) Müller, B.: Atmung und respiratorischer Gasstoffwechsel gesunder Versuchspersonen unter Einwirkung erhöhter Sauerstoffpartialdrucke bei Atmosphärendruck
Med.Diss., München 1967

20) Nopper: Pulswellengeschwindigkeit und Sauerstoffverbrauch in ihrer Eignung für meteorobiologische Untersuchungen
Med.Diss., München 1954

21) Precht,H., Christophersen, J., Hensel, H.: Temperatur und Leben
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955

22) Regli,J., Stämpfli, R.: Die Kapillarresistenz als objektives Maß für die Wettereinflüsse auf den Menschen
Helv. Physiol. Acta 5 (1947), 40.Ref.Z. Phys.Ther.,Bäder- und Klimaheilkunde 2 (1949)

23) Reichel, H. Bleichert, A.: Leitfaden der Physiologie des Menschen
Ferdinand Enke-Verlag, Stuttgart 1967

24) Reinders, H.: Mensch und Klima
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1969

25) Rein, H., Schneider, M.: Einführung in die Physiologie des Menschen
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960

26) Roeckelein,R.: Ein neues Verfahren zur Messung der Kapillarresistenz
Sonderdruck aus: Klin.Wochenschrift 31/32 (1953), 751-754

27) Siegenthaler, W.: Klinische Pathophysiologie
Thieme-Verlag, Stuttgart 1970

28) Sturm, A.: Grundbegriffe der inneren Medizin
und Neurologie
Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart 1968

29) Topitz, A.: Der Temperaturfaktor innerhalb des
Wettergeschehens
Rep. 5th Conf. Soc.Biol.Rhyth.,
Stockholm 1955

30) Traks, E.: The Effects of "Dry Heat" on the
Circulation of Man
American Heart Journal Vol 57, No 3
(1959), 438-448

31) Tromp, S.W.: Medical Biometeorology
Elsevier Publishing Company, Amsterdam-
London-New York 1963

32) Ungeheuer, H.
Kügler, H.: Meteorologie-Biologie-Medizin
"Arzneimittel-Forschung 7 (1957);
370-380

33) Wagner, R.: Probleme und Beispiele biologischer
Regelung
Thieme- Verlag, Stuttgart 1954

Für die Themenstellung, für die wertvollen Anregungen und Hinweise bin ich Herrn Dipl.-Phys. K. Dirnagl sehr dankbar.

Herrn Professor Dr. H. Drexel möchte ich für die zuvorkommende Betreuung während des Experiments danken.

Herrn Dr. Pratzel möchte ich für die Erstellung der Computerprogramme und des Kurvenmaterials meinen Dank aussprechen.

LEBENSLAUF

Am 5.4.1944 wurde ich als Sohn des praktischen Arztes Dr. med. Florian Geyer und seiner Ehefrau Hedwig, geb. Goecke, in Lauingen/Donau geboren.

Nach vier Jahren Volksschule besuchte ich ab 1954 das Realgymnasium in Augsburg, welches ich 1963 mit dem Zeugnis der Reife verließ.

Anschliessend leistete ich zwei Jahre meinen Wehrdienst bei der Bundeswehr.

1965 begann ich das Medizinstudium an der Universität München und legte dort 1971 das Staatsexamen ab.

Seit 1. Oktober 1971 bin ich als Medizinalassistent an der I. Chirurgischen Klinik des Hauptkrankenhauses in Augsburg tätig.